



PRAKTIJKONDERZOEK
PLANT & OMGEVING

Effecten bufferstroken op de kwaliteit van oppervlaktewater in Noord-Brabant

Praktijkonderzoek Plant en Omgeving:

Wim van Dijk, Olga Clevering en David van der Schans

Wageningen UR – Agrotechnology and Food Innovations B.V.:

Jan van de Zande en Henk Porskamp

Alterra:

Marius Heinen, Rob Smidt en Rob Merkelbach

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Sector AGV
Oktober 2003

PPO 510318

© 2003 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit projectrapport geeft de resultaten weer van het onderzoek dat het Praktijkonderzoek Plant & Omgeving heeft uitgevoerd in opdracht van:

Hoogheemraadschap van West-Brabant

Projectnummer: 510318

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Sector AGV

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 – 29 11 11
Fax : 0320 – 23 04 79
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.dlo.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING	5
1 INLEIDING.....	7
1.1 Het project Actief Randenbeheer Brabant	7
1.2 Effectenstudie	8
1.3 Leeswijzer	8
2 NUTRIËNTEN	9
2.1 Directe emissies	9
2.1.1 Aanpak.....	9
2.1.2 Resultaten.....	12
2.1.3 Conclusies.....	16
2.2 Indirecte emissies	16
2.2.1 Aanpak.....	16
2.2.2 Resultaten.....	18
2.2.3 Conclusies.....	20
3 GEWASBESCHERMINGSMIDDELEN.....	20
3.1 Directe emissies	20
3.1.1 Aanpak.....	21
3.1.2 Resultaten.....	22
3.1.3 Conclusies.....	25
3.2 Indirecte emissies	25
3.2.1 Aanpak.....	25
3.2.2 Resultaten.....	27
3.2.3 Conclusies.....	29
4 AANBEVELINGEN	31
LITERATUUR.....	33
BIJLAGE 1.....	35
BIJLAGE 2.....	37
BIJLAGE 3.....	42
BIJLAGE 4 (1 VAN 4)	44

Samenvatting

In opdracht van het Hoogheemraadschap van West-Brabant is een evaluatie uitgevoerd van het project Actief Randenbeheer Brabant (ARB) dat in 2002 in Brabant is gestart. ARB heeft als doel emissies van verontreinigende stoffen vanaf landbouwpercelen naar het oppervlaktewater te verminderen. Deelnemers aan dit project zijn verplicht tegen vergoeding een bufferstrook aan te leggen van 2 m (langs grasland) of 3,5 m (langs bouwland). In de evaluatie, uitgevoerd door Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Wageningen UR – Agrotechnology and Food Innovations B.V. en Alterra, is nagegaan in hoeverre bufferstroken de emissie van stikstof (N), fosfaat (P_2O_5) en gewasbeschermingsmiddelen naar het oppervlaktewater verminderen. Er is gekozen voor een modelmatige aanpak. Bij zowel nutriënten als gewasbeschermingsmiddelen is onderscheid gemaakt tussen directe emissie (meemesten, drift) en indirecte emissie (af- en uitspoeling). Het zwaartepunt van de studie lag bij de directe emissies. Het inschatten van de indirecte emissies was meer indicatief van aard. In onderstaande tabel staan de resultaten samengevat. Het betreft de milieuwinst van ARB t.o.v. het Lozingenbesluit Open teelt en veehouderij.

Samenvatting van de resultaten, opgesplitst naar emissieroutes naar het oppervlaktewater.

Emissieroute	Reductie door bufferstrook			
	Nutriënten		Gewasbeschermingsmiddelen	
	Relatief (%)	Absoluut (g/km sloot)	Relatief (%)	Absoluut (g/km sloot)
Direct				
* Meemesten	50-89	N: 11-1893 P_2O_5 : 6-269	Nvt	Nvt
* Drift	Nvt	Nvt	75-95	0,59-37,8
Indirect				
* uitspoeling	2-3 ¹	N: 5300 P_2O_5 : 11500	2-3	0,03-1,8
* afspoeling	Niet berekend	Niet berekend	100 ²	0,01-0,32 ²

1. Slechts berekend bij één specifieke situatie: maïs met gras bufferstrook. Assinck et al. (2002) vonden bij modelberekeningen bij grasland een effectiviteit van 35% van bufferstroken.
2. Afgeleid van meetresultaten van oudere middelen, die rechtstreeks zijn doorvertaald naar de gebruikte middelen bij de in deze studie beschouwde gewassen. Deze cijfers geven dus slechts een globale indicatie.

Nutriënten

Bij de *directe* emissies van stikstof en fosfaat (meemesten) is rekening gehouden met verschillen in: (i) bemesting tussen gewassen en grondsoorten, (ii) het gebruik van kunstmest of dierlijke mest, (iii) toedieningsmethoden en (iv) breedte van de verplichte teeltvrije zone (Lozingenbesluit) en bufferstroken. Het effect van een bufferstrook ten opzichte van een teeltvrije zone is in kaart gebracht bij de gewassen grasland, maïs, winter tarwe, suikerbieten en consumptie aardappelen. De berekeningen zijn uitgevoerd aan de hand van gegevens van verdelingsmetingen en strooi-beelden van meststof-toedieningsapparatuur.

Door de aanleg van bufferstroken vermindert de hoeveelheid stikstof en fosfaat, die door meemesten in de sloot terechtkomt met 50 tot 89% ten opzichte van de teeltvrije zone. In absolute zin bedroeg de range in emissiereductie voor stikstof en fosfaat resp. 11-1893 kg N en 6-269 kg P_2O_5 per km sloot. Het aanbrengen van bufferstroken is het meest effectief bij gewassen met een smalle teeltvrije zone en waarbij relatief veel kunstmest wordt gebruikt (gras en winter tarwe). Op kleigrond is het effect van een bufferstrook in absolute zin hoger dan op zandgrond omdat op klei meer kunstmest wordt gebruikt. De bufferstroken zijn vooral effectief bij het verminderen van de emissies bij het kunstmeststrooien met een centrifugaalstrooier. Ze zijn effectiever bij het kant-toe dan kant-af strooien.

Modelberekeningen bij het gewas maïs met een gras bufferstrook van 3,5 m (diep ontwaterde zandgrond met slootafstand van 100 m) laten zien dat het effect van deze bufferstrook op beperking van de *indirecte* emissies van stikstof en fosfaat (uitspoeling) 2-3% bedroeg. In absolute zin betekende dit een reductie van 5300 gram N en 11500 gram P_2O_5 per km sloot. Andere emissieroutes (oppervlakkige afspoeling; verstuiving) zijn niet berekend door het ontbreken van de benodigde achtergrondinformatie en het feit dat met de beschikbare modellen dergelijke piekbelastingen moeilijk kunnen worden gesimuleerd.

Gewasbeschermingsmiddelen

Bij gewasbeschermingsmiddelen is met beschikbare expertkennis en driftmodellen de depositie van middelen ten gevolge van volveldsbespuitingen in aangrenzende sloten (*directe* emissies) berekend.

Analoog aan het meemesten wordt ook bij het spuiten van gewasbeschermingsmiddelen de directe emissie naar het oppervlaktewater door de bredere bufferstroken aanzienlijk beperkt. De verbreding van de teeltvrije zone naar een bufferstrook van 350 cm geeft een verlaging van de emissie van actieve stof met ongeveer 75 – 95%. In absolute zin varieerde de emissiereductie van 0,59 tot 37,8 g actieve stof per km sloot.

Het telen van een gewas op de bufferstrook dat de hoogte van de spuitboom bereikt dringt de emissie die over de bufferstrook heen de sloot bereikt nog eens met ongeveer 30% terug (t.o.v. emissie bij een grasbufferstrook). In gewassen waar veel gewasbeschermingsmiddelen worden toegepast, neemt de emissie in gram actieve stof per kilometer sloot het sterkst af. Consumptieaardappelen en wintertarwe hebben ook het grootste aantal bespuitingen met een groot risico van onomkeerbare schade voor waterorganismen.

Relatief is de emissiereductie door bufferstroken bij gewassen met een smalle teeltvrije zone, gras en wintertarwe het grootst. De bufferstrook geeft hier een afname van 95%. In de praktijk kan het effect van bufferstroken nog groter zijn doordat onnauwkeurigheden bij het spuiten waardoor hoge emissie optreedt door de bredere bufferstrook worden opgevangen.

De bufferstrook reduceerde de totale uitspoeling van bestrijdingsmiddelen (naar zowel grond –als slootwater) met 2-3%. Absoluut gezien varieerde de emissiereductie van 0,03 tot 1,8 g actieve stof per km sloot. Omdat deze belasting geleidelijk optreedt en niet in de vorm van piekbelasting (zoals bij drift) leidt uitspoeling zelden tot normoverschrijdingen van waterkwaliteit.

Op basis van meetresultaten van oudere middelen, die rechtstreeks zijn doorvertaald naar de gebruikte middelen bij de in deze studie beschouwde gewassen, kon worden afgeleid dat een bufferstrook oppervlakkige afspoeling tot nul reduceerde. Bij de in deze studie beschouwde gewassen betekent dat een absolute reductie van 0,01 tot 0,32 gram per km sloot. Andere emissieroutes (uitspoeling vanuit de perceelsrand naar de sloot; verstuiwing) zijn niet berekend door het ontbreken van de benodigde achtergrondinformatie en/of modellen. Het milieurendement zal hierdoor waarschijnlijk hoger zijn.

1 Inleiding

1.1 Het project Actief Randenbeheer Brabant

In het project Actief Randenbeheer Brabant (ARB) wordt nagegaan op welke manier bewust en actief randenbeheer kan worden geïntegreerd in de agrarische bedrijfsvoering. Het doel is de uitstoot van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen naar het Brabantse oppervlaktewater te beperken. Onder actief randenbeheer wordt verstaan het aanleggen van bufferstroken tussen watervoerende sloten en teeltpercelen. Op deze bufferstroken wordt gras of graan verbouwd zonder gebruik te maken van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen. Deze buffergewassen worden geoogst en afgevoerd waardoor de grond wordt verschaald. Gevolg van deze vorm van randenbeheer is een vermindering van de belasting van het oppervlaktewater met verontreinigende stoffen.

Het project ARB is een initiatief van de provincie Noord-Brabant, de waterkwaliteitsbeheerders Waterschap De Aa, Waterschap De Dommel, Waterschap De Maaskant, Hoogheemraadschap van West-Brabant en Hoogheemraadschap Alm en Biesbosch, RIWA-Maas (vereniging van rivierwaterbedrijven die de Maas als bron gebruiken), Project Onderzoek Maas (POM), de Zuidelijke Land- en Tuinbouworganisatie (ZLTO) en het Landbouw Innovatie Bureau (LIB).

Doel van het project is:

- Tegengaan van meemesten en drift van gewasbeschermingsmiddelen (met name door het vergroten van de afstand tussen hoofdgewas en sloot).
- Tegengaan van oppervlakkige afspoeling (met name door afstand te creëren en door de teeltvrije zone bedekt te houden) en ondiepe uitspoeling (door niet te bemesten en door de teelt en afvoer van buffergewassen).

De belangrijkste elementen wat betreft uitvoering zijn:

- Type bufferstrook
 - Langs bouwland verplicht aanleggen van een 350 cm brede bufferstrook (gras, triticale, rogge, haver of zomergerst).
 - Langs grasland verplicht aanleggen van een 200 cm brede bufferstrook (gras).
- T.a.v. oogsten en afvoeren
 - Gewas op bufferstrook langs bouwland verplicht oogsten en afvoeren.
 - Gras op bufferstrook langs grasland afweiden of maaien en afvoeren (minimaal 2x per jaar).
- Teeltseizoenen 2002 t/m 2005

De in het project gehanteerde bufferstroken vervangen de teeltvrije zones zoals aangegeven in het Lozingenbesluit (Staatsblad 43, 2000). De breedtes van de verschillende randstroken voor beide situaties staan vermeld in tabel 1. In het Lozingenbesluit is de breedte van teeltvrije zones afhankelijk van het hoofdgewas en van eventuele extra maatregelen die genomen worden om emissies van gewasbeschermingsmiddelen naar het oppervlaktewater te verminderen (bijvoorbeeld door het gebruik van driftarme spuitdoppen (VWS, 2002, driftarme doppenlijst) op de buitenste 14 m van het perceel of door gebruik van een emissiescherm). Voor aardappelen geldt onder meer dat een teeltvrije zone van 100 i.p.v. 150 cm aangehouden mag worden als een vanggewas wordt geteeld. Voor een vanggewas geldt overigens wel dat het gewas tenminste dezelfde hoogte heeft als de bovenste in werking zijnde spuitdop van de gebruikte apparatuur. Voor grasland is alleen een mest- en spuitvrije strook verplicht.

Tabel 1. Breedte (cm) van de teeltvrije zones (volgens het Lozingenbesluit) en bufferstroken (voorwaarden ARB) per hoofdgewas.

Hoofdgewas	Teeltvrije zone (Lozingenbesluit)		Bufferstrook (ARB)	
	Zonder vanggewas	Met vanggewas	Gras	Graan
Gras	25	Nvt	200	Nvt
Wintertarwe	25	Nvt	350	350
Mais	50	Nvt	350	350
Suikerbiet	50	Nvt	350	350
Aardappel	150	100	350	350

1.2 Effectenstudie

De samenwerkende partners hebben besloten om actief randenbeheer te implementeren op basis van de positieve effecten van bufferstroken zoals die vermeld worden in de literatuur en zoals blijkt uit praktijkervaringen en metingen van het Hoogheemraadschap van West-Brabant. De effecten uit de literatuur, mede in relatie tot de ernst van de problematiek, hebben de projectpartners voldoende overtuigd om het toepassen van bufferstroken te stimuleren en daar financiële middelen voor beschikbaar te stellen. Gezien de respons bij de deelnemers blijken ook agrariërs voldoende vertrouwen te hebben in de effectiviteit.

De verwachting is echter dat de gegevens uit de literatuur bij het eventueel toekomstig opschalen van de praktijk van actief randenbeheer onvoldoende overtuigend zijn. Bovendien zal dan de behoefte bestaan om maatregelen te kunnen optimaliseren en regionaal te kunnen differentiëren. Daarom is besloten een effectenstudie uit te voeren gericht op de specifieke Brabantse situatie. Deze wordt nodig geacht om voldoende bestuurlijk, maatschappelijk en sectoraal draagvlak te verkrijgen om middelen te genereren voor opschaling. Omdat daadwerkelijke metingen kostbaar en bovendien niet altijd relevant zijn (denk aan effecten die pas op lange termijn zichtbaar worden) en gegeven het beperkte beschikbare budget, is gekozen voor een modelmatige benadering. Hierbij wordt wel met de meest recent beschikbare gegevens uit toegepast onderzoek gewerkt. Het verdient aanbeveling om parallel of aanvullend op het programma, een langjarige effectmeting op het oppervlaktewater uit te zetten. Dit valt echter buiten het bestek van deze opdracht.

De effectenstudie heeft als doel kwantificering van de effecten van bufferstroken op emissies van gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten naar het oppervlaktewater via:

- Directe emissie (drift en meemesten)
- Indirecte emissie (af- en uitspoeling)

Vanwege het beperkte budget ligt bij deze studie het zwaartepunt bij de directe emissies. Het inschatten van indirecte emissies beperkt zich tot een enkele variant en is vooral indicatief van aard.

De directe emissies naar het oppervlaktewater hangen af van het slootoppervlak. In de studie worden drie slootbreedten onderscheiden: Klasse 1: 400 cm breed; klasse 2: 550 cm breed en klasse 3: 700 cm breed. De slootbreedten zijn berekend van insteek tot insteek, overeenkomstig het Lozingenbesluit open teelten en veehouderij.

De studie is uitgevoerd door Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Wageningen UR – Agrotechnology and Food Innovations B.V. en Alterra.

1.3 Leeswijzer

Het rapport is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 en 3 worden aanpak en resultaten van de studie m.b.t. directe en indirecte emissies van resp. nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen beschreven. Beide hoofdstukken worden afgesloten met de meest relevante conclusies. Het rapport wordt afgesloten met een aantal aanbevelingen (hoofdstuk 4).

2 Nutriënten

2.1 Directe emissies

In dit hoofdstuk worden de effecten van bufferstroken op de directe emissies (meemesten) in kaart gebracht. De berekeningen zijn uitgevoerd bij de belangrijkste gewassen in Noord-Brabant, nl. gras, maïs, consumptieaardappelen, suikerbieten en wintertarwe.

2.1.1 Aanpak

Bemestingsstrategie

Bij de bepaling van de bemestingsstrategie gaat het om het vaststellen van de totale hoeveelheid aangevoerde meststoffen en de verdeling over de mestsoorten (dierlijke en plantaardige organische meststoffen en kunstmest). Uitgaande van de landelijke adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen (Van Dijk, 2003) kan de N- en P-behoefte per gewas worden vastgesteld. In de Brabantse praktijk wordt een groot deel van de behoefte gedekt door dierlijke mest. De hoogte van de dierlijke mestgift is sterk afhankelijk van het gewas, de grondsoort en de Minasruimte. Door de verdere aanscherping van de Minas-verliesnormen wordt de Minasruimte in de loop van de tijd kleiner. Op akkerbouwbedrijven wordt de aanvoer van dierlijke mest bovendien sterk door de mestprijs bepaald. Door deze zaken kunnen de bemestingstrategieën van jaar tot jaar sterk verschillen.

Ten behoeve van ARB is daarom geput uit gegevens van bedrijven in het Zuidwestelijk kleigebied en het Zuidelijk zandgebied, hebben geparticipeerd in de volgende projecten: Praktijkcijfers 2 (akkerbouw en veehouderij); Telen met toekomst (akkerbouw); Panfa (akkerbouw en veehouderij) en Koeien & Kansen (veehouderij). Zoveel mogelijk zijn gegevens van het eerste projectjaar gebruikt. Daarna gaan de prestaties van voorlopers door de intensievere begeleiding duidelijk afwijken van de gangbare landbouwpraktijk.

Voor grasland weken de N-kunstmestgiften in de projecten Koeien & Kansen en Panfa sterk af van de gangbare praktijk. Voor grasland is daarom gebruikgemaakt van gegevens van het LEI Bedrijven-Informatienet (Beldman & Prins, 1999; RIVM, 2002) en Praktijkcijfers 2. Hierbij is ervan uitgegaan dat tussen 2000 en 2002 de N-kunstmestgift gemiddeld genomen nog met 20 kg N/ha is afgenomen. Voor de aanvoer van dierlijke mest is wel gebruikgemaakt van gegevens van alle veehouderijprojecten. De verschillen in aanvoer tussen klei en zand zijn berekend uit gegevens van Praktijkcijfers 2. Het blijkt dat de N-aanvoer op zand sterker afneemt dan op klei. Dit heeft mede te maken met de aanwijzing van uitspoelingsgevoelige zandgronden, waarvoor lagere Minas-verliesnormen gelden. De verzamelde bemestingsgegevens zijn representatief voor de teeltseizoenen 2000 t/m 2002. Wellicht wordt met de keuze van deze praktijkgegevens het effect van de regeling iets onderschat. Echter dit zijn voor de praktijk de meest betrouwbare en beschikbare data.

De totale mestgift en de verdeling over kunstmest en dierlijke mest zijn in tabel 2 weergegeven. M.u.v. snijmais is onderscheid gemaakt tussen zand en klei. Bij snijmais waren er geen noemenswaardige verschillen tussen klei en zand aanwezig in bemesting. Wat betreft organische mest wordt op gras- en maïsland veelal runderdrijfmest gebruikt, bij de andere gewassen (indien relevant) is dit overwegend varkensdrijfmest. Op de zuidwestelijke klei wordt daarnaast redelijk veel vaste kippenmest gebruikt. Sporadisch wordt op akkerbouwbedrijven ook plantaardige mest aangevoerd, maar deze hoeveelheden zijn verwaarloosbaar klein.

De totale werkzame N-giften zijn op klei i.h.a. hoger dan op zand. Dit komt omdat de gewassen op klei doorgaans zwaarder met N worden bemest dan op zandgrond. Op zand wordt, behalve bij consumptieaardappelen, meer dierlijke mest aangevoerd dan op klei. Op klei wordt meer kunstmest gebruikt. Akkerbouwers op klei dienen dierlijke mest voornamelijk vóór de teelt van consumptieaardappel (fosfaatbehoefte gewas) toe. Dit vindt veelal in het najaar, direct na de oogst van de voorvrucht, meestal graan, plaats. Op zand is najaarstoediening niet toegestaan. Fosfaat wordt op zand voornamelijk met dierlijke mest aangevoerd met slechts geringe kunstmestaanvullingen.

Tabel 2. Gemiddelde bemestingsstrategie per gewas op zand en klei. Bij gebruik van dierlijke mest komt slechts een deel van de stikstof –de werkzame stikstof- beschikbaar voor het gewas.

Gewas	grond-soort	Stikstof (N) in kg/ha				Fosfaat (P ₂ O ₅) in kg/ha	
		Dierlijk Totaal	dierlijk werkzaam	kunstmest	totaal werkzaam	Dierlijk	kunstmest

Mais	beide	253	147	20	167	84	10
Gras	zand	271	152	210	362	106	22
	klei	209	117	275	392	82	22
Con. Aardappel	zand	177	101	99	200	92	2
	klei	240	66	218	284	178	50
Suikerbiet	zand	150	85	31	116	82	0
	klei	72	12	126	138	42	25
Wintertarwe	zand	20	14	151	165	13	0
	klei	12	6	229	235	19	32

Meststoftoediening

Kunstmest

In het project wordt uitgegaan van bemesting met een pneumatische kunstmeststrooier of een centrifugaal strooier. Bij snijmaïs wordt veelal rijenbemesting toegepast. Met een pneumatische kunstmeststrooier kan zeer nauwkeurig worden bemest. Hierbij is geen kantstrooiapparatuur benodigd. Met een centrifugaalstrooier kan aan de rand van het perceel zowel naar de kant toe als van de kant af gestrooid worden. Bij het kant af strooien wordt dicht langs de rand van het gewas gereden en het perceel in gestrooid. Bij het naar de kant toe strooien wordt veelal gebruikgemaakt van de aanwezige spuitsporen, de strooier rijdt dan op een halve werkbreedte vanaf de rand van het gewas en strooit in de richting van de rand van het perceel. Hierbij kan kantstrooiapparatuur worden gebruikt, maar vaak wordt de kunstmeststrooier scheef gehangen.

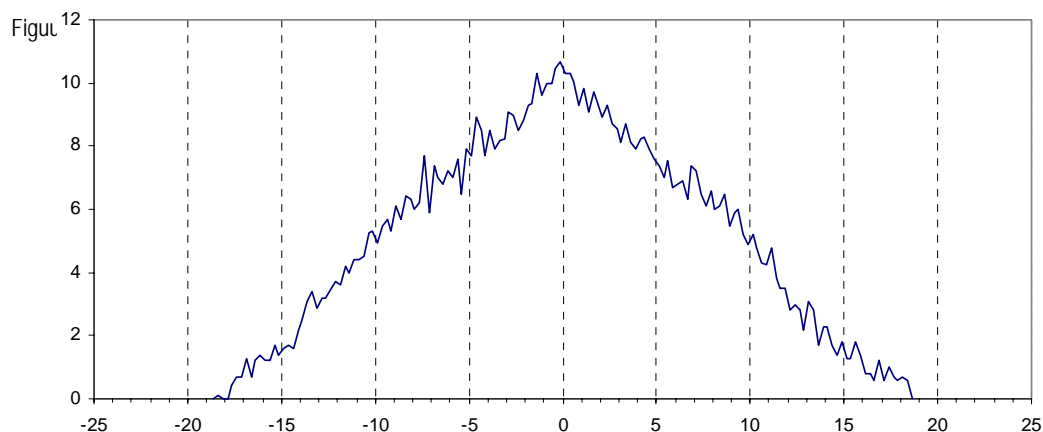
Bij de emissieberekeningen wordt van de volgende situaties uitgegaan (zie ook tabel 3):

- Pneumaat versus centrifugaalstrooiers: 10% van de veehouders en akkerbouwers gebruiken een pneumaat; 90% een centrifugaalstrooier. Bij gebruik van een pneumaat wordt geen kantstrooiapparatuur gebruikt.
- Bij gebruik van een centrifugaalstrooier bemest 33% van de akkerbouwers naar de kant toe en 67% van de kant af. Op gras- en maïsland wordt altijd van de kant af bemest.
 - Kant-af strooien: Bij gebruik van een centrifugaal strooier op grasland en bouwland wordt gebruikgemaakt van kantstrooiapparatuur; de laatste gewasrij wordt nog optimaal bemest. Het spoor ligt 1 meter van de kant; het hart van het spoor ligt daarmee 1,75 m vanaf de rand van het gewas.
 - Kant-toe strooien: Alleen bouwland. Er wordt gereden in de spuitsporen. De laatste gewasrij krijgt iets minder meststof (ca. 95%). Daarbij wordt er vanuit gegaan dat een kleine hoeveelheid over de perceelsrand heen gestrooid wordt.
- Rijenbemesting: Bij snijmaïs wordt 80% van de kunstmestgift via rijenbemesting toegediend. Hierbij treden geen emissies naar de perceelsrand of sloot op.

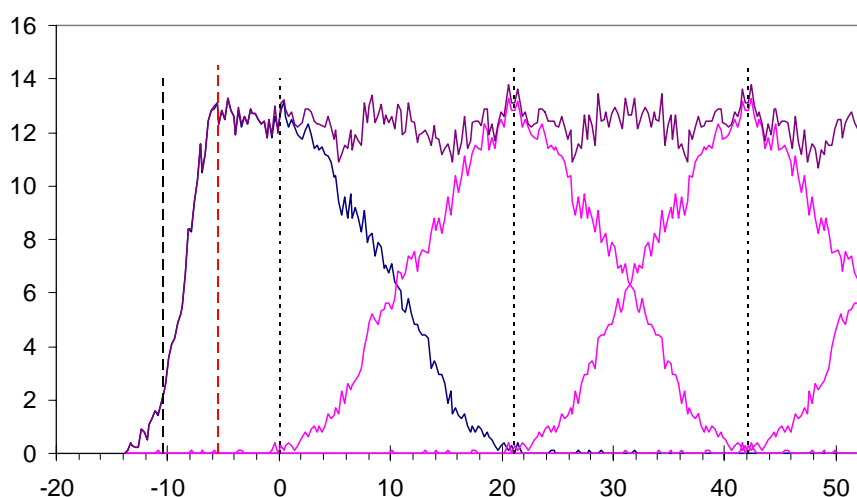
Verder wordt ervan uitgegaan dat:

- Steeds op dezelfde hoogte wordt gestrooid en de hoogte van het gewas in de bufferstrook geen invloed heeft op de ruimtelijke verdeling van de meststof in de bufferstrook.
- Er gebruikgemaakt wordt van een centrifugaal 2-schijfsbemester met een werkbreedte van > 20 m (dit komt overeen met de werkbreedte van de spuitmachine). Bij gebruik van een pneumatische strooier wordt uitgegaan van een werkbreedte van 12 m.
- Bij windstil weer (< 0,5 m/s) wordt gestrooid en de korrelvorm geen invloed heeft op de strooibeelden.

Het bepalen van de breedteverdeling van meststof bij kunstmeststrooiers wordt onder gestandaardiseerde omstandigheden in een testhal uitgevoerd (Bosma, 2000). De breedteverdeling van kunstmest (strooibeeld) wordt bepaald door met een kunstmeststrooier een verdelingsmeting te doen. De meststof wordt hierbij opgevangen in een serie bakken (50x50cm) die aansluitend dwars op de rijrichting geplaatst zijn. De meststof in de bakken wordt gewogen en de verdeling over de bakken (Figuur 1) wordt gepresenteerd als een strooibeeld (Wageningen UR – Agrotechnology and Food Innovations B.V., 1992). Een strooibeeld wordt bepaald van een volveldsbehandeling (volledig strooibeeld) en bij gebruik van een kantstrooi-inrichting (kantstrooibeeld).



De verdeling op het veld werd berekend door een aantal volledige strooibeelden en een kantstrooibeeld bij elkaar op te tellen (samengesteld strooibeeld). De hoeveelheid meststof die over de rand van het gewas gestrooid werd kon bepaald worden door bij het samengestelde strooibeeld vanaf een vastgestelde afstand de hoeveelheid meststof te bepalen. De meststof die verder gestrooid werd (Figuur 2) dan de rand van het gewas werd voor verschillende stroken uitgerekend. Per strook werd de meststofdepositie relatief uitgedrukt ten opzichte van de hoeveelheid gestrooid over het veld (10,5-42 m).



Figuur 2. Voorbeeld van een samengesteld strooibeeld (g/bak) van twee volledige strooibeelden en links aansluitend een kantstrooibeeld (naar de kant toe). Werkbreedte strooier 21 m. De rand van het gewas ligt op -10,5 m.

Verdere informatie over de bepaling van strooibeelden van centrifugaalstrooiers en pneumaten staat vermeld in van de Zande (2003).

Dierlijke mest

Dierlijke mest kan in één of twee werkgangen worden toegediend. Op grasland (behalve nieuwe inzaai) is bemesting alleen in één werkgang mogelijk. Dit kan met een zodebemester of sleepvoetenbemester plaatsvinden. Het overgrote deel van de veehouders gebruikt een zodebemester; bemesten met een sleepvoetenbemester wordt in dit onderzoek niet meegenomen. Op bouwland (inclusief maïs) wordt uitgegaan van het gebruik van een landbouwinjecteur (in 75% van de gevallen) en van bovengronds verspreiden + gebruik van een ketsplaat (in 25% van de gevallen) (zie ook tabel 3).

De verdeling van dierlijke mest bij het bovengronds uitrijden is gebaseerd op mestverdelingen uit veldonderzoek van Hendriks & Huijsmans (1992). Hierbij is gebruik gemaakt van de gegevens van een mestverspreider met ketsplaat met een werkbreedte van 9 m. De eerste werkgang lag op 4,5 m van de gewasrand. Bij gebruik van een zodebemester of een landbouwinjecteur wordt ervan uitgegaan dat er geen depositie van mest buiten de werkbreedte plaats vindt.

Tabel 3. Procentueel gebruik van verschillende bemestingsmethoden.

	Gras	Maïs	Cons. aard.	Wintertarwe	Suikerbiet
<i>Kunstmest</i>					
Pneumaat	10		10	10	10
Centrifugaal: kant-af	90	20	60	60	60
Centrifugaal: kant-toe			30	30	30
Rijenbemesting		80			
<i>Dierlijke mest</i>					
Zodebemester	100				
Landbouwinjecteur		75	75	75	75
Bovengronds		25	25	25	25

2.1.2 Resultaten

Meebemesten van bufferstroken en sloten per bemestingsmethode

In tabel 4 is aangegeven welk percentage van de meststoffen er met de verschillende bemestingsmethoden in de bufferstroken en een standaardsloot van 400 cm breed terechtkomt. Een volledig overzicht is Bijlage 1 gegeven. Dit percentage neemt logischerwijze af met de breedte van de bufferstrook. Bij de kunstmeststrooiers blijft bij gebruik van een pneumaat de meebemeste zone beperkt tot de eerste 25 cm. Dit betekent dat in alle gevallen de teeltvrije zone voldoende breed is. Bij centrifugaalstrooien komt een substantieel deel van de meststof in de bufferstroken terecht; het deel dat in de sloot terechtkomt is bij bredere bufferstroken (≥ 150 cm) echter gering. Bij het kant-af strooien wordt wel veel netter bemest dan bij het kant-toe strooien. Bij zowel het kant-af als kant-toe strooien neemt de hoeveelheid meststof die in de sloot terechtkomt sterk af met de afstand tot het perceel.

De emissies bij toediening van dierlijke mest zijn veel geringer dan bij kunstmest. Alleen bij bovengronds uitrijden (breedwerpig+ketsplaats) komt een klein deel van de meststof in de bufferstroken terecht. Bij het injecteren van mest komt helemaal geen mest in de bufferstroken terecht. De hoeveelheid meststof die bij gebruik van dierlijke mest door directe emissies in de sloot terechtkomt is dan ook zeer gering.

Tabel 4. Procentuele bemesting in bufferstroken, teeltvrije zones en een sloot van 400 cm breed bij verschillende bemestingsmethoden. Bemesting van het hoofdgewas is op 100% gesteld (gegevens Wageningen UR – Agrotechnology and Food Innovations B.V.).

Mestsoort	Wijze van toedienen	in teeltvrije zone			in bufferstrook	
		25 cm	50 cm	150 cm	200 cm	350 cm
<i>Op bufferstroken</i>						
Kunstmest	Pneumatisch	25,0	12,5	4,2	3,1	1,8
	Centrifugaal: kant-af	8,7	8,2	3,9	3,0	2,1
	Centrifugaal: kant-toe	15,5	13,8	10,1	8,9	5,9
Dierlijke mest	Breedwerpig + ketsplaat	2,9	2,6	1,2	0,9	0,5
	Bouwlandinjecteur	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Zodebemester	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		bij teeltvrije zone			bij bufferstrook	
		25 cm	50 cm	150 cm	200 cm	350 cm
<i>In sloot van 400 cm breed</i>						
Kunstmest	Pneumatisch	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Centrifugaal: kant-af	1,5	1,1	0,5	0,5	0,3
	Centrifugaal: kant-toe	4,6	3,9	1,3	0,7	0,2
Dierlijke mest	Breedwerpig + ketsplaat	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0
	Bouwlandinjecteur	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Zodebemester	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Hoeveelheid meststof in bufferstroken en sloten per gewas

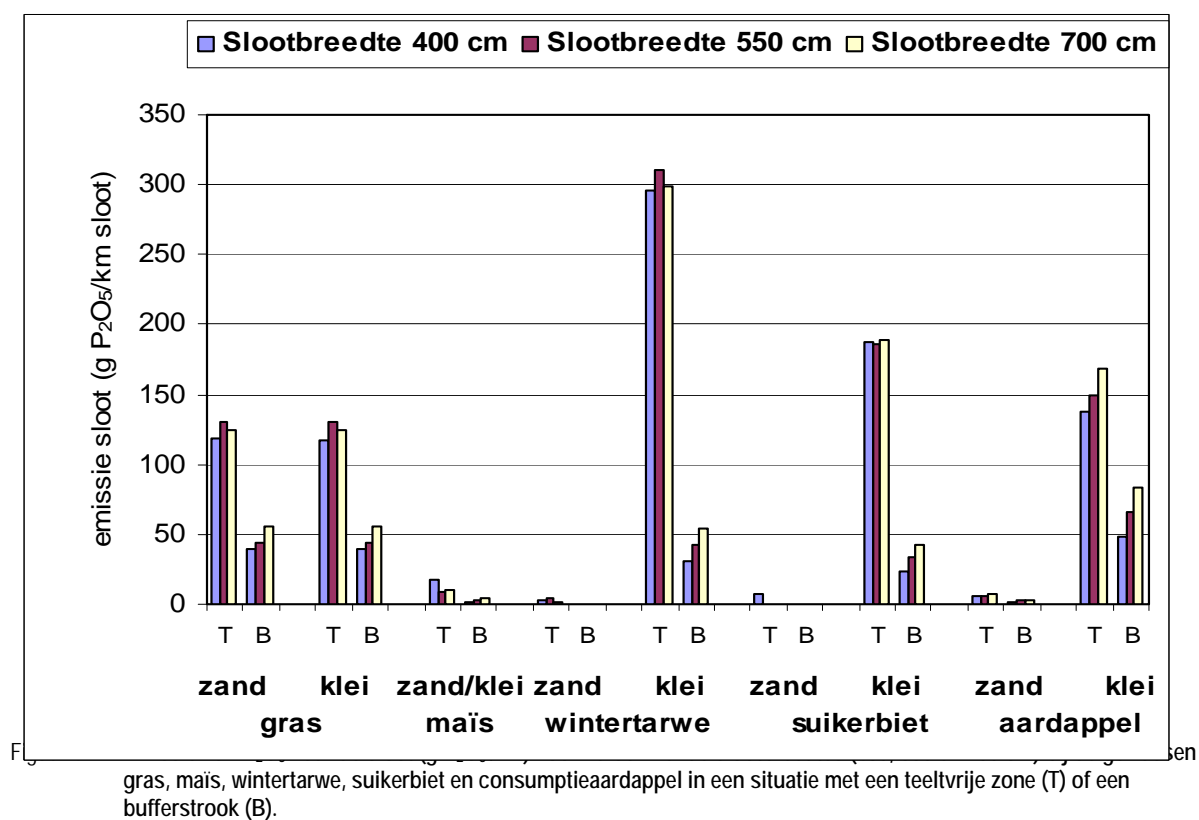
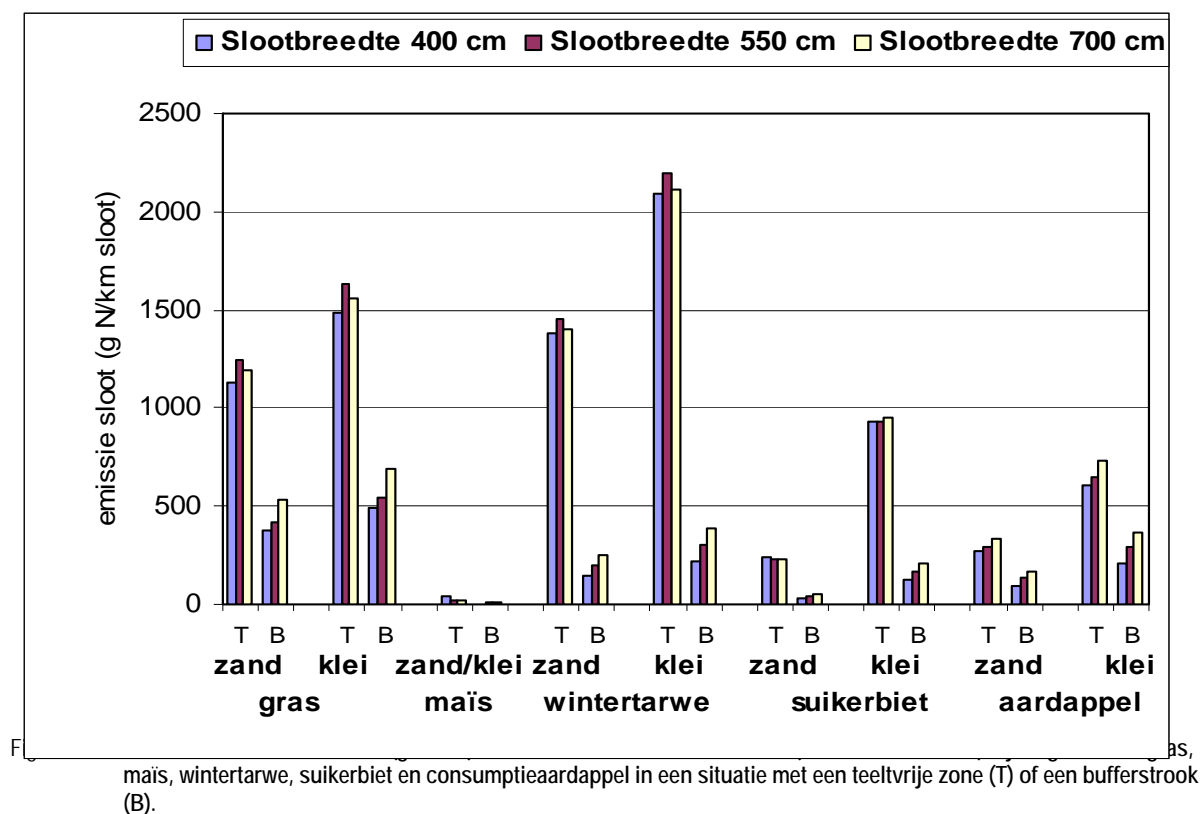
In tabel 5 t/m 9 is per gewas de emissie van N en P_2O_5 in de bufferstrook en de sloot weergegeven. De bespreking richt zich op de emissie naar de sloot. De resultaten daarvan zijn samengevat in

Figuur 3 en 4. Normaliter zal de absolute hoeveelheid meststof die in de sloot terechtkomt toenemen met de slootbreedte.

Door het onregelmatig verloop van de depositiecurves (figuur 2) wordt soms echter een lagere absolute hoeveelheid meststof berekend bij een bredere dan een smallere sloot.

Het effect van de bufferstroken is sterk afhankelijk van de breedte van de teeltvrije zone in de referentiesituatie en de verdeling van de bemesting over dierlijke en kunstmest. Hoe smaller de teeltvrije zone en hoe meer kunstmest wordt gebruikt des te groter het rendement (in absolute zin). Op klei is het rendement hoger dan op zand omdat op klei veel meer kunstmest wordt gebruikt. Het rendement van bufferstroken is voor stikstof met name groot bij gras en wintertarwe. Bij beide gewassen is slechts een teeltvrije zone van 25 cm verplicht, terwijl de kunstmestgiften relatief hoog zijn. De giften zijn bij aardappelen ook hoog, maar bij dit gewas is een veel bredere teeltvrije zone verplicht. Bij mais vindt nauwelijks meebemesting van sloten plaats, vanwege het groot aandeel aan dierlijke mest in de totale mestgift en de toepassing van rijenbemesting voor kunstmest. Doordat op zandgrond de P-behoefte van het gewas bijna volledig middels de toediening van dierlijke mest wordt gedekt, is in absolute zin voor dit nutriënt het rendement van bufferstroken bij het voorkomen van directe emissies gering. Op klei daarentegen vindt vooral bij wintertarwe, maar ook voor suikerbiet en in mindere mate aardappel een aanzienlijke reductie van de hoeveelheid fosfaat plaats die in de sloot terechtkomt.

De hierboven genoemde gegevens hebben betrekking op het éénzijdig meemesten van slootkanten. In de praktijk worden sloten van tweekanten meebemest. De hoeveelheid die dan in de sloot terechtkomt is sterk afhankelijk van het bouwplan.



Tabel 5. Gras. De hoeveelheid N en P₂O₅ (g/km) die door meemesten in de teeltvrije zone, bufferstrook (buffer) of sloot (S400, S550 en S700) terecht komt, het verschil tussen een teeltvrije zone en bufferstrook en de procentuele reductie in de hoeveelheid meststof die in de sloten terecht komt bij gebruik van een bufferstrook.

Gewas: Gras			N in g/km				P ₂ O ₅ in g/km			
	Type bufferstrook		buffer	S400	S550	S700	buffer	S400	S550	S700
Zand	Teeltvrij	25 cm	542	1134	1247	1191	57	119	131	125
	Bufferstrook	200 cm	1264	378	416	529	132	40	44	55
	Vershil		-722	756	831	662	-75	79	87	70
Klei	Teeltvrij	25 cm	710	1485	1634	1559	57	119	131	125
	Bufferstrook	200 cm	1656	495	545	693	132	40	44	55
	Vershil		-946	990	1089	866	-75	79	87	70
Reductie	Bufferstrook	%		67	67	56				

Tabel 6. *Mais*. De hoeveelheid N en P₂O₅ (g/km) die door meemesten in de teeltvrije zone, bufferstrook of sloot terecht komt, het verschil tussen een teeltvrije zone en bufferstrook en de procentuele reductie in de hoeveelheid meststof die in de sloten terecht komt bij gebruik van een bufferstrook.

Gewas: Mais			N in g/km				P ₂ O ₅ in g/km			
	Type bufferstrook		Buffer	S400	S550	S700	buffer	S400	S550	S700
Zand/Klei	Teeltvrij	50 cm	99	43	18	20	36	17	9	10
	Bufferstrook	350 cm	140	5	7	8	51	2	3	4
	Vershil		-41	38	11	12	-15	15	6	6
Reductie	Bufferstrook	%		88	61	60				

Tabel 7. *Wintertarwe*. De hoeveelheid N en P₂O₅ (g/km) die door meemesten in de teeltvrije zone, bufferstrook of sloot terecht komt, het verschil tussen een teeltvrije zone en bufferstrook en de procentuele reductie in de hoeveelheid meststof die in de sloten terecht komt bij gebruik van een bufferstrook.

Gewas: Wintertarwe			N in g/km				P ₂ O ₅ in g/km			
	Type bufferstrook		buffer	S400	S550	S700	buffer	S400	S550	S700
Zand	Teeltvrij	25 cm	471	1381	1451	1399	2	3	4	2
	Bufferstrook	350 cm	1705	145	199	254	6	0	0	0
	Vershil		-1235	1236	1252	1145	-4	3	4	2
Klei	Teeltvrij	25 cm	710	2091	2195	2118	102	296	311	299
	Bufferstrook	350 cm	2578	220	302	385	368	31	42	54
	Vershil		-1868	1871	1893	1733	-266	265	269	245
Reductie	Bufferstrook	%		89	86	82				

Tabel 8. *Suikerbiet*. De hoeveelheid N en P₂O₅ (g/km) die door meemesten in de teeltvrije zone, bufferstrook of sloot terechtkomt, het verschil tussen een teeltvrije zone en bufferstrook en de procentuele reductie in de hoeveelheid meststof die in de sloten terechtkomt bij gebruik van een bufferstrook.

Gewas: Suikerbiet			N in g/km				P ₂ O ₅ in g/km			
	Type bufferstrook		Buffer	S400	S550	S700	buffer	S400	S550	S700
Zand	Teeltvrij	50 cm	209	242	230	234	27	8	0	0
	Bufferstrook	350 cm	414	30	41	52	36	0	0	0
	Vershil		-205	212	189	182	-9	8	0	0
Klei	Teeltvrij	50 cm	673	930	936	953	143	187	186	189
	Bufferstrook	350 cm	1447	121	166	212	299	24	33	42
	Vershil		-774	809	770	741	-156	163	153	147
Reductie	Bufferstrook	%		88	82	78				

Tabel 9. *Consumptieaardappel*. De hoeveelheid N en P₂O₅ (g/km) die door meemesten in de teeltvrije zone, bufferstrook of sloot terechtkomt, het verschil tussen een teeltvrije zone en bufferstrook en de procentuele reductie in de hoeveelheid meststof die in de sloten terechtkomt bij gebruik van een bufferstrook.

Gewas: Consumptieaardappel			N in g/km				P ₂ O ₅ in g/km			
	Type bufferstrook		buffer	S400	S550	S700	buffer	S400	S550	S700
Zand	Teeltvrij	150 cm	939	273	294	333	59	6	6	7
	Bufferstrook	350 cm	1190	95	131	166	63	2	3	3
	Vershil		-251	178	163	167	-4	4	3	4
Klei	Teeltvrij	150 cm	2001	602	647	732	514	138	149	168
	Bufferstrook	350 cm	2554	209	288	366	640	48	66	84
	Vershil		-553	393	359	366	-126	90	83	84
Reductie	Bufferstrook	%		65	55	50				

2.1.3 Conclusies

- Door gebruik van bufferstroken wordt de directe emissie van meststoffen naar sloten met 50 tot 89% gereduceerd. In absolute zin varieerde de emissiereductie van 1893 kg N en 269 kg P₂O₅/km sloot bij wintertrawe tot 11 kg N en 6 kg P₂O₅/km sloot bij mais.
- De reductie werd sterk beïnvloed door de breedte van de bufferstrook, de gebruikte meststof en de bemestingsmethode.
- Brede bufferstroken zoals toegepast binnen ARB zijn vooral effectief bij het verminderen van emissies bij het kunstmeststrooien met een centrifugaalstrooier en effectiever bij het kant-toe dan kant-af bemesten.
- Omdat op kleigrond veel meer kunstmest (zowel stikstof als fosfaat) wordt gebruikt dan op zandgrond zijn de rendementen van bufferstroken op klei in absolute zin veel hoger dan op zand.
- Omdat bij consumptieaardappel een vrij brede teeltvrije zone verplicht is, is het effect van de bufferstroken bij dit gewas relatief gezien geringer dan bij gewassen met een smallere verplichte teeltvrije zone zoals gras en wintertrawe.

2.2 Indirecte emissies

Bij indirecte emissies gaat het om ondergrondse uitspoeling en oppervlakkige afspoeling van nutriënten (N en P) naar de sloot. In deze studie zijn alleen berekeningen uitgevoerd voor uitspoeling. Vanwege het beperkte budget is slechts voor één specifieke situatie uitgewerkt wat het effect is van een bufferstrook. Oppervlakkige afspoeling is hierbij niet meegenomen omdat dat in deze situatie vrijwel geen rol speelt en dit bovendien niet met het gebruikte model kan worden berekend. Voor meer achtergronden m.b.t. afspoeling zie hoofdstuk 2.2.2, subparagraaf "afspoeling".

Aanpak en resultaten van de modelberekening worden in deze paragraaf beschreven. In bijlage 2 is een verhandeling weergegeven m.b.t. effectiviteit van bufferstroken en hoe deze het beste kan worden gemeten.

2.2.1 Aanpak

Het effect van een bemestingsvrije zone kan worden nagegaan door twee modelberekeningen met elkaar te vergelijken: één berekening met bemesting over hele perceel (behoudens een gewasspecifieke, bemestingsvrije smalle strook langs de sloot) hierna aangeduid als Referentie, en één berekening met een onbemeste strook van 2 m (grasland) of 3,5 m

(bouwland) hierna aangeduid als Bufferstrook. Het effect van de bemestingsvrije zone blijkt uit het verschil in uitspoeling naar een watervoerende sloot als functie van de tijd voor zowel N als P.

In overleg met de opdrachtgever is besloten de modelverkenning uit te voeren met het gewas snijmaïs. Dit is een veel geteeld gewas in Brabant en bovendien een gewas waarbij gemakkelijk uitspoeling optreedt. Er is uitgegaan van continueelt. Als referentie is een teeltvrije zone aangehouden van 50 cm conform Lozingenbesluit, bij de bufferstrookvariant is uitgegaan van een strook van 3,5 m gras.

De bemesting van de maïs is gelijk aan die gebruikt bij de berekening van de directe emissies (zie paragraaf 2.1.1). De bemestingsvrije zone (referentie) en de bufferstrook worden niet bemest.

Gebruikte modellen

De uitspoeling van N en P is berekend met het model FUSSIM2. Dit is een simulatiemodel voor de beschrijving van de waterbeweging, nutriëntentransport (N, P) en opname van water en nutriënten (N, P) door wortels. Waterbeweging en nutriëntentransport wordt in twee dimensies beschouwd: verticale en horizontale stroming. Er wordt geen rekening gehouden met transport van opgeloste organische stof, waarmee N en P getransporteerd kan worden. Alleen de stroming in de bodem en de daaruit volgende uitspoeling wordt berekend. Het model doet geen uitspraak over oppervlakkige afspoeling. Organische stofdynamiek (inclusief organische bemesting) wordt uitgevoerd via het submodel MOTOR (mineralisatie). Nitrificatie en denitrificatie worden beschouwd via eenvoudige rekenregels.

Tijdreeks en klimaat

Om ook langetermijneffecten in kaart te brengen zijn de effecten van de bufferstrook voor een periode van 30 jaar doorgerekend. Hierbij is steeds hetzelfde weerjaar gebruikt, nl. dat van 1985 (weerstation Haarweg te Wageningen). Het weersverloop in 1985 komt redelijk overeen met dat van een normaal jaar.

Bodem eigenschappen en hydrologie

Er wordt gebruik gemaakt van STONE invoer om de bodem te karakteriseren. De volgende voorwaarden worden in acht genomen:

- zandgrond
- aanwezigheid continu watervoerende sloten
- geen buisdrainage
- vlak perceel
- geen greppels

Bodemfysische eigenschappen in STONE zijn gebaseerd op de Staringreeks. Er wordt gebruik gemaakt van STONE invoer om de initiële toestand voor N, P, organische stof etc. vast te stellen.

Voor de waterbeweging is het noodzakelijk om de randvoorwaarden van het stromingsdomein te definiëren. Uit de STONE berekeningen zal de kwel c.q. wegzijging over de onderrand gebruikt worden, en voor de linkerrand onder de sloot zal de afvoer naar grotere waterlopen gebruikt worden. De rechterrand is een symmetrievlak. De bovenrand wordt bepaald door de neerslag (en evt. beregening) minus bodemverdamping. Afvoer via kleinere waterlopen en drainagesystemen wordt dus niet beschouwd

De slootdimensies waren als volgt:

- Sloopbreedte (bovenzijde): 280 cm (talud 1:1)
- Sloopdiepte: 100 cm
- Sloopafstand: 100 m
- Slooppeil: 20 cm (zomer; 1 juni tot 1 oktober), 30 cm (overgangperiode; 15 april tot 1 juni en 1 oktober tot 1 november), 40 cm (winter; 1 november tot 15 april)

Kengetallen grasbufferstrook

Het gras wordt twee keer per jaar gemaaid. De totale hoeveelheid afgevoerd materiaal (2 keer maaien) bedraagt 3,35 ton drogestof per ha. Hierin bevindt zich resp. 70 kg N en 30 kg P₂O₅ per ha.

Gezien de geringe aanvoer van N en P via gewasresten, en de onbekendheid van deze aanvoer bij verschrallend grasland, zal er geen rekening gehouden worden met aanvoer van N en P via gewasresten.

Depositie

Er wordt rekening gehouden met natte depositie. De stikstofconcentratie van regenwater wordt constant verondersteld. In "normale" jaren wordt hierdoor ongeveer 40 kg N/ha/jr via natte depositie aan de bodem toegevoegd.

2.2.2 Resultaten

De berekeningen zijn gebaseerd op invoergegevens uit STONE. Voor de gemeente Mill en St. Hubert is vastgesteld dat STONE UC-eenheid 5191 het meest voorkomt voor de situatie van maïs op zand (grondwatertrap GT-III). Voor het gemiddeld veronderstelde weerjaar 1985 is eerst de waterstroming voor één jaar vastgesteld. Vervolgens zijn op basis van deze waterstroming de stikstof- (N) en fosfaat- (P) dynamieken berekend voor een periode van 30 jaar.

Hieronder worden de resultaten van uitspoeling naar de sloot getoond. De uitspoeling wordt weergegeven in absolute nutriëntenvrachten voor de situatie met en zonder een bufferstrook. Het effect van de bufferstrook op de uitspoeling wordt uitgedrukt als:

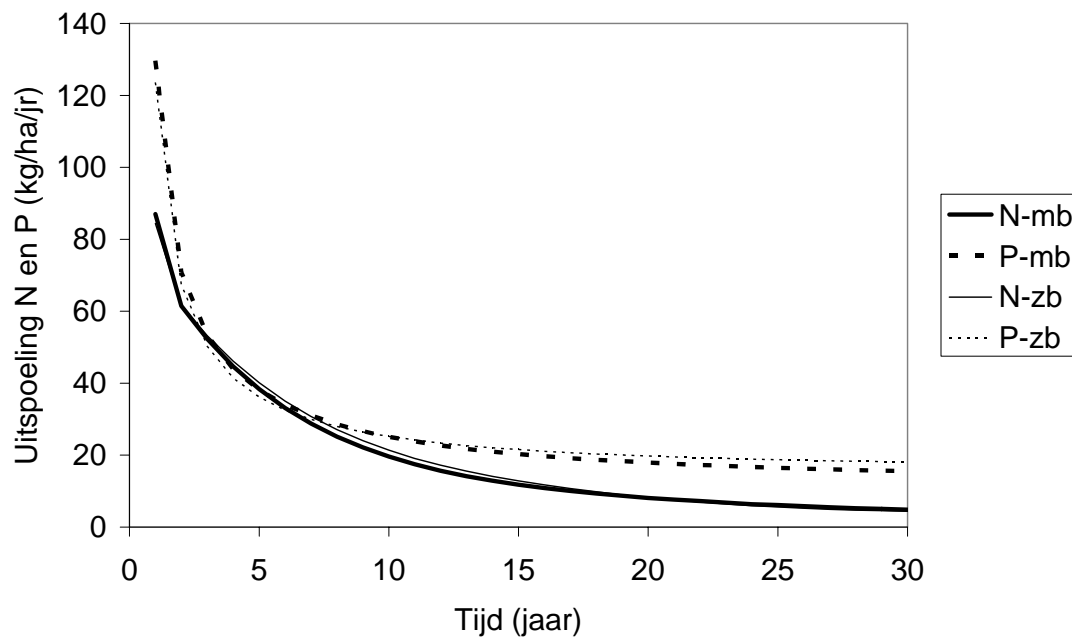
$$E = 100\% \frac{U_R - U_B}{U_R}$$

waarin

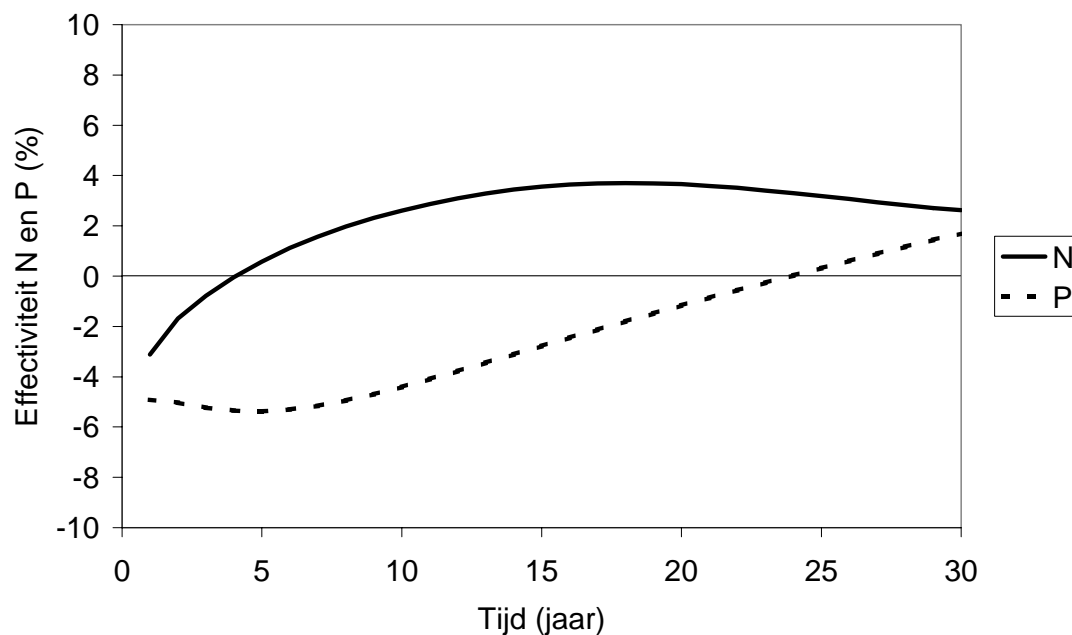
E	effectiviteit	%
U_R	totale cumulatieve uitspoeling naar de sloot voor de referentie situatie	kg ha ⁻¹
U_B	totale cumulatieve uitspoeling naar de sloot voor de bufferstrook situatie	kg ha ⁻¹

In figuur 5 is de jaarlijkse uitspoeling naar de sloot weergegeven als functie van de tijd, in figuur 6 het tijdsverloop van de effectiviteit. De effectiviteit van de bufferstrook is voor deze situatie zeer gering. Het aanleggen van een gras bufferstrook leidt tot een vermindering van de *cumulatieve* uitspoeling naar de sloot met resp. 16 kg N en 15 kg P per ha voor een periode van 30 jaar. Per jaar spoelt dus gemiddeld 0,53 kg N en 0,5 kg P per ha minder uit. Dit komt in deze situatie overeen met resp. 5,3 kg N en 5 kg P (=11,5 kg P₂O₅) per km sloot. Relatief is de reductie gering, maar deze is absoluut gezien aanzienlijk hoger dan de reductie van de directe emissie door bufferstroken (figuur 3 en 4).

Verder valt op dat de uitspoeling van N en P naar de sloot in de loop der tijd op jaarbasis afneemt. Dit is een gevolg van de afname van de in de bodem opgeslagen N en P. Vooral in de eerste jaren is de uitspoeling hoog. Dit komt omdat de initiële toestand veel N en P bevatte.



Figuur 5. Uitspoeling N en P als functie van de tijd voor de situaties referentie (zb) en bufferstrook (mb).



Figuur 6. Effectiviteit bufferstrook voor N en P volgens vergelijking (1) voor de doorgerekende situatie (maïs op zandgrond met een overwegend neerwaartse waterstroming).

De effectiviteit was niet constant gedurende de periode van 30 jaar (figuur 6). Het is zelfs zo dat in de eerste jaren meer N uitspoelt in de bufferstrook situatie dan bij de referentiesituatie. Voor P geldt dit zelfs voor een zeer lange periode. Het typisch wisselende effect in de loop der jaren is het gevolg van veranderingen in dynamiek in mineralisatie, nitrificatie en denitrificatie. Dit wordt geïllustreerd in Tabel 10 waarin het relatieve verschil in deze processen (aangevuld met opname en bemesting) is weergegeven voor de situatie na jaar 1 en na jaar 30. Het verschil in opname blijft vrij constant in de tijd, maar dit verschil is niet groot, hetgeen voor een groot deel verklaart waarom de effectiviteit van de bufferstrook gering is. De effectiviteit is minder groot dan de vermindering in bemesting à 7%. De vermindering in bemesting komt overeen met het percentage oppervlak dat niet wordt bemest in de bufferstrook situatie.

Tabel 10. Relatieve verschillen (%) in enkele processen voor de situatie met bufferstrook in vergelijking tot de referentie situatie voor tijdstippen 1 jaar en 30 jaar. Positieve waarden betekenen dat de processen geringer waren in de bufferstrook situatie.

	Bemesting	Opname	Mineralisatie	Nitrificatie	Denitrificatie
Na 1 jr	7.2	3.4 (N) 3.7 (P)	2.6	4.5	6.0
Na 30 jr	7.2	4.0 (N) 3.7 (P)	4.5	26.6	10.3

Per jaar is er 8.4% meer waterafvoer in de bufferstrook situatie dan in de referentie situatie. Bij positieve effectiviteit van de bufferstrook voor N en P uitspoeling betekent dit dat de nutriënten-concentratie van het water dat de sloot instroomt in de bufferstrook situatie kleiner is dan in de referentie situatie. De effectiviteit gebaseerd op verschil in concentratie zal dan iets groter zijn dan de hier getoonde effectiviteit; voor N is dit na 30 jaar ca 10% (met een maximum van 11% na 20 jaar), maar is wel voor alle jaren positief.

Uit deze voorbeeldberekening is gebleken dat de bufferstrook slechts een gering effect (2-3%) heeft op verlaging van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. In een modelstudie van Assinck et al. (2002) voor permanent grasland, werd een effectiviteit van ca 35% gevonden bij een bufferstrookbreedte van 7% ten opzichte van slootafstand (vergelijkbaar met die van het maisperceel). De hydrologie zal een belangrijke rol hebben gespeeld bij de waargenomen verschillen. Op het maisperceel stroomt het water met de daarin opgeloste nutriënten nauwelijks via ondiepe stroombanen door de bufferstrook heen. Verreweg het meeste water komt dus in de sloot terecht zonder de bufferstrook te passeren. Hierbij moet bedacht worden dat de bufferstrook relatief smal is en het gras bovendien niet diep wortelt. Daarnaast is het absolute uitspoelingsniveau bij het maisperceel hoog als gevolg van de hoge initiële toestand (hoge N- en P-voorraad in de bodem). Hierdoor zal de reductie van de uitspoeling door een bufferstrook *relatief* gezien lager uitvallen.

Afspoeling

In de modelstudie is geen uitspraak gedaan over oppervlakkige afspoeling. Hiervoor is een aantal redenen aan te voeren. In de eerste plaats is afspoeling in de doorgerekende situatie niet relevant. Snijmaïs wordt hoofdzakelijk bemest met dierlijke mest plus een aanvullende kunstmest-rijenbemesting. De meststoffen worden dus *in* de grond gebracht en niet er *bovenop* waardoor er vrijwel geen sprake zal zijn van afspoeling van met meststoffen toegediende nutriënten. Daarnaast is afspoeling lastig te kwantificeren via modelstudies. In de meeste modellen wordt namelijk met dag- of zelfs decadegemiddelden voor hoeveelheid neerslag gerekend, waarin pieken in werkelijke neerslagintensiteit niet worden meegenomen. Juist die pieken bepalen sterk de afspoeling. De afspoeling wordt zo snel onderschat. In een studie uitgevoerd in opdracht van de provincie Noord-Brabant (Van Diepen et al., 2002) werd geconcludeerd dat afspoeling mogelijk alleen een rol speelt op kleigronden en lemige vrij natte zandgronden. Ook uit de resultaten van de STONE berekeningen voor de evaluatie mest wet 2002 blijkt dat voor diverse regio's in Noord-Brabant de oppervlakkige afspoeling nihil is. Hierbij moet dus wel in aanmerking worden genomen dat de effecten van neerslagpieken niet zijn meegenomen. Voor verdere achtergronden rond afspoeling wordt verwezen naar bijlage 3.

2.2.3 Conclusies

- In de hierboven beschreven situatie (diep ontwaterde zandgrond met continu maisteelt en al dan niet een gras bufferstrook van 3.5 m bij slootafstand van 100 m) leidt het aanleggen van een bufferstrook tot een reductie van 2-3% van de belasting van het oppervlaktewater met N en P na een periode van 30 jaar. In absolute zin betekende dit een reductie van 5300 gram N en 11500 gram P₂O₅ per km sloot.
- In een modelstudie van Assinck et al. (2002) werd voor permanent grasland een effectiviteit van ca 35% gevonden bij een bufferstrookbreedte van 7% ten opzichte van slootafstand (vergelijkbaar met die van het maisperceel). De hydrologie zal een belangrijke rol hebben gespeeld bij de waargenomen verschillen.

3 Gewasbeschermingsmiddelen

3.1 Directe emissies

In dit hoofdstuk wordt de invloed van bufferstroken op bovengronds transport tijdens bespuitingen (drift) van gewasbeschermingsmiddelen naar het slootwater berekend. Ten behoeve van deze berekening zijn drie bronnen gebruikt:

- Teeltuitvoering, waarin alle toepassingen van gewasbeschermingsmiddelen in de teelt en het tijdstip waarop deze

plaatsvinden, zijn gedefinieerd. Samengesteld uit teelthandleidingen, Kwantitatieve Informatie (KWIN AGV) expertkennis en registratie van maatregelen op praktijkbedrijven.

- Per middel: actieve stof en milieubelasting waterleven. Data verkregen uit de milieumeetlat ontwikkeld door Centrum voor Landbouw en Milieu (CLM).
- Berekeningen van driftpercentages bij inrichting bufferstroken afhankelijk van gewas- en vegetatie- ontwikkeling gedurende het seizoen. Driftmodel IDEFICS en veldonderzoek met vanggewassen (Wageningen UR – Agrotechnology and Food Innovations B.V.).

Om de invloed van bufferstroken op de emissie door drift te kwantificeren is de "standaard" teeltuitvoering per gewas en teeltgebied vastgesteld. Hierbij zijn alleen bovengronds toegepaste gewasbeschermingsmaatregelen meegenomen. Behandelingen van zaaizaad, pootgoed en rijenbehandeling tijdens zaaien en poten geven, voor zover bekend, geen bovengrondse emissie naar oppervlakte water.

3.1.1 Aanpak

Gewasbeschermingsstrategie

Om de emissie te berekenen moeten het aantal bespuitingen, het gebruikte middel en de dosering bekend zijn. Alleen middelen die in 2003 zijn toegelaten, zijn bij de berekeningen gebruikt.

Het aantal bespuitingen hangt af van de druk van onkruiden, ziekten en plagen. Dit kan van jaar tot jaar sterk verschillen ten gevolge van de weersomstandigheden. Voor deze studie is uitgegaan van een standaard teeltuitvoering per gewas met gewasbeschermingsmaatregelen zo veel mogelijk rekening houdend met specifieke situaties op zand en kleigrond in Noord-Brabant. De tabellen met teeltmaatregelen zijn opgenomen in de bijlage 4.

Driftberekeningen

Bij de driftberekeningen met model IDEFICS is rekening gehouden met de gewashoogte en de hoogte van de gewassen op de bufferstrook (Bijlage 4). De hoogte van het gewas dat wordt bespoten, is maatgevend voor de spuitboomhoogte. Deze bedraagt 50 cm boven het gewas of de onbeteelde grond. De spuitboomhoogte en het verschil in hoogte tussen het bespoten gewas en de vegetatie op de bufferstrook spelen een belangrijke rol bij emissie van druppeldrift naar het open water c.q. de sloot. Door Porskamp en Van de Zande (2003) zijn alle optredende situaties met het driftmodel IDEFICS doorgerekend.

Als referentie geldt de situatie dat bespuitingen volgens het Lozingenbesluit worden uitgevoerd.

Bij de berekeningen is verder uitgegaan van: het gebruik van een spuitdop in driftreductieklasse 50% (TeeJet DG11004), de laatste dop aan de spuitboom is een kantdop (Lechler IS8004). Er wordt met een druk van 3 bar gespoten. De laatste spuitdop spuit boven de laatste gewasrij. De afstand van het midden van de laatste gewasrij/rug tot de insteek van de sloot bedraagt voor aardappel 150 cm, snijmais en suikerbiet 50 cm, wintertarwe en gras 25 cm. De teeltvrije zone wordt in deze situatie zwart gehouden.

Bij de brede bufferstroken loopt de laatste spuitdop 350 cm vanaf de insteek van de sloot, bij grasland 200 cm. Bij de berekeningen werden boomhoogte, doptype en spuitdruk en het gebruik van de kantdop gelijk gehouden. In de situaties dat de gewassen op de bufferstroken hoger zijn dan het bespoten gewas zijn driftreductiepercentages toegepast op de IDEFICS uitkomsten. Deze driftreductiepercentages zijn verkregen uit waarnemingen in veldproeven met vanggewassen.

In situaties dat het gewas op de bufferstrook lager is dan het gewas is met IDEFICS de drift berekend van een even hoog gewas op de bufferstrook en bij het ontbreken van een gewas op de bufferstrook. Door middel van lineaire interpolatie is het depositie percentage bij een tussenliggende gewashoogte berekend. Bij elke situatie is een driftpercentage berekend voor de drie slootklassen.

Tenslotte zijn gegevens uit de CLM milieumeetlat (Reus 1992) gebruikt om de depositie van Actieve stof (AI) en de milieubelasting waterorganismen per bespuiting te bepalen.

De berekening van de emissie van Actieve stof is:

Dosering middel (kg of l/ha) x gehalte actieve stof (g/kg of l) x percentage depositie/100 x fractie areaal waarop de bespuiting is toegepast.

De emissie uitgedrukt in milieubelasting waterleven is:

Dosering (kg of l/ha) x MBP water bij 1 % drift x percentage berekende depositie x areaal.

Belangrijk bij MBP water is de waterhoeveelheid waarin het middel neerkomt. Bij de MBP waarden uit de milieumeetlat wordt uitgegaan van een standaard sloot: bovenbreedte 4 meter, bodembreedte 50 cm, waterdiepte 25 cm en een waterspiegel van 100 cm breed (slootype 400). Voor slootype 550 gelden de volgende maten: bovenbreedte 550 cm, bodembreedte 50 cm, waterdiepte 50 cm en breedte van de waterspiegel 150 cm. Het watervolume is 2,5 x zoveel als slootype 400. Slootype 700 is 700 cm breed, 100 cm bodem, 100 cm waterdiepte, de waterspiegel is 300 cm breed. Dit slootype heeft 10 x zoveel

watervolume als de standaard sloot. De berekende MBP is daarom bij sloottype 550 en 700 respectievelijk gedeeld door 2,5 en 10. Verder is het aantal bespuitingen met MBP water > 10 berekend. Hierbij is geen rekening gehouden met het areaal dat jaarlijks is bespoten. Omdat bij milieubelasting het incident belangrijker is dan de totale jaarlijkse belasting.

3.1.2 Resultaten

In tabel 11 zijn de resultaten van de studie samengevat. De berekende depositie van gewasbeschermingsmiddelen in drie sloottypen bij verschillende akkerbouwmatige teelten en weiland staan in de eerste kolom. In bijlage 3 zijn de bespuitingen per teelt opgesomd. De totale depositie van actieve stof in de sloot aan de benedenwindse zijde van het perceel voor een hele teelt is weergegeven. Deze depositie is voor de drie sloten berekend en uitgedrukt in gram per kilometer sloot.

Tabel 11. Depositie bij verschillende gewassen en bufferstroken ten opzichte van de situatie waarbij het lozingenbesluit (LZB) wordt nageleefd. De emissies zijn uitgedrukt in gram actieve stof per km sloot en milieubelastingpunten waterleven bij verschillende sloottypen en watervolumes en het aantal toepassingen met meer dan 10 Milieubelastingpunten.

Sloottype/ gewas	Actieve stof (g per km sloot)				MBP waterleven totaal				Aantal MBP >10	
	LZB	Gras	Gerst	Triticale	LZB	Gras	Gerst	Triticale	LZB	ARB
SLOOTTYPE 400										
Aardappel	41,7	10,1	8,5	6,5	645	156	136	112	8	5
Wintertarwe	23,9	1,6	1,6	1,5	227	15	14	13	5	3
Snijmais zand	8,8	0,4	0,3	0,3	203	9,8	8,4	7	6	2
Snijmais klei	17,1	0,8	0,7	0,6	278	9,8	7,1	4,3	4	1
Suikerbiet	6,2	1,0	0,8	0,6	66	9,5	6,8	4,1	1	1
Gras zand	1,0	0,2			2,2	0,5			0	0
Gras klei	0,8	0,2			1,9	0,4			0	0
SLOOTTYPE 550										
Aardappel	44,6	11,8	9,8	7,8	201	53	47	39	7	1
Wintertarwe	25,5	2,0	2,0	1,9	172	14	13	12	3	2
Snijmais zand	9,0	0,5	0,4	0,4	61	3,5	3,1	2,7	4	0
Snijmais klei	17,6	1,0	0,9	0,8	83	3,4	2,6	1,7	2	0
Suikerbiet	6,5	1,3	1,0	0,8	19,8	3,7	2,6	1,6	1	1
Gras zand	1,1	0,3			0,67	0,18			0	0
Gras klei	0,9	0,2			0,73	0,20			0	0
SLOOTTYPE 700										
Aardappel	47,2	13,7	11,5	9,4	42	12	11	9	1	0
Wintertarwe	21	2,5	2,4	2,3	28,5	3,2	3,0	2,8	3	0
Snijmais zand	9,1	0,5	0,5	0,4	12	0,7	0,7	0,6	3	0
Snijmais klei	17,8	1,1	1,0	0,9	16,4	0,7	0,6	0,4	1	0
Suikerbiet	6,8	1,4	1,2	1,0	4,1	0,8	0,6	0,4	1	0
Gras zand	1,1	0,3			0,13	0,04			0	0
Gras klei	0,84	0,25			0,11	0,03			0	0

In de eerste kolom staan de hoeveelheden in de referentiesituatie. Dit zijn de hoeveelheden die neerslaan als driftbeperkende maatregelen volgens het Lozingenbesluit (LZB) strikt worden nageleefd. In de drie volgende kolommen staan de resultaten van de depositie berekeningen met bufferstroken zoals in het ARB in Noord- Brabant toegepast. De kolommen 6 tot en met 9 geven de milieubelasting als gevolg van de berekende depositie. In de laatste twee kolommen staan het aantal bespuitingen met meer dan 10 milieubelastingpunten. Bij de beoordeling van schade aan waterorganismen zijn de incidenten waarbij blijvende schade ontstaat van belang. Aangenomen wordt dat bij meer dan 10 milieubelastingpunten onomkeerbare schade aan waterorganismen optreedt. In de laatste twee kolommen is dit aantal incidenten weergegeven in de referentie situatie (LZB) en bij een bufferstrook met gras.

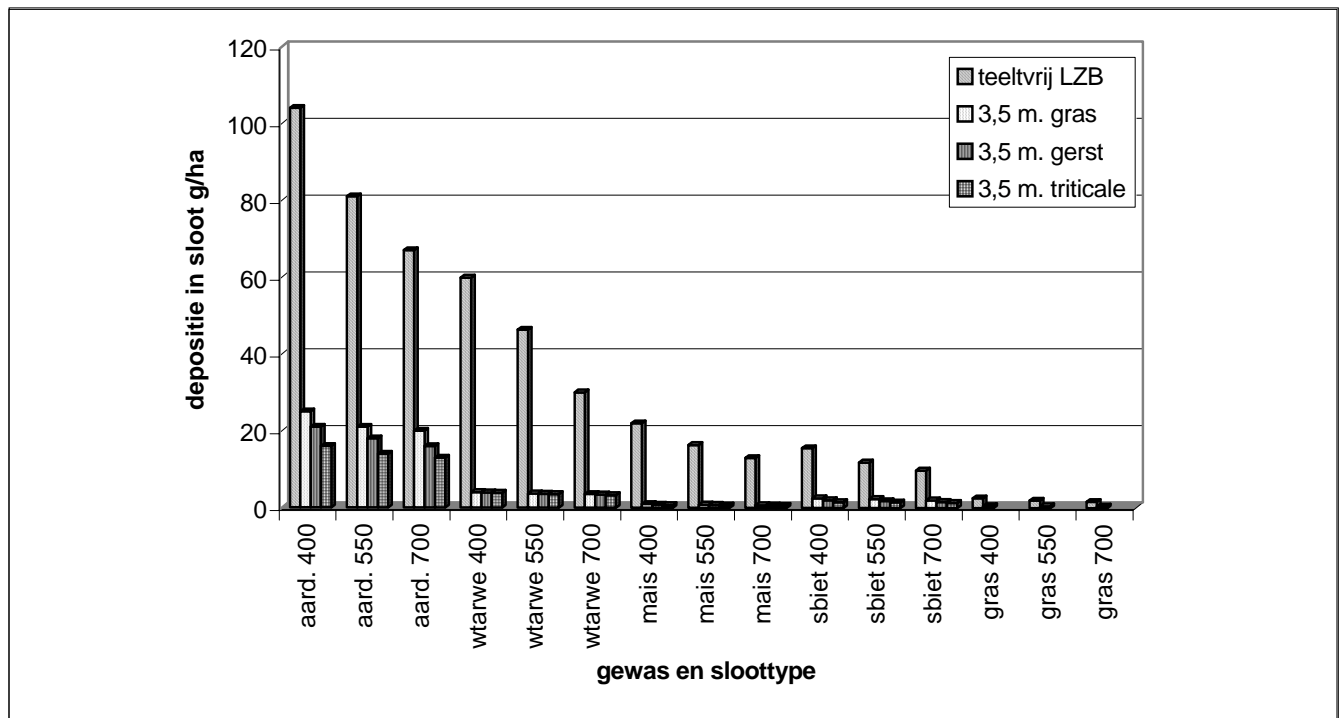
De volgende zaken vallen op:

- Naarmate de sloot breder wordt neemt de totale hoeveelheid depositie toe. Dit wordt veroorzaakt door het toenemen van het slootoppervlak.
- Tussen gewassen zijn grote verschillen in depositie. In de referentiesituatie (LZB) is de depositie bij consumptieaardappel ruim 40 gram actieve stof per km sloot. Bij grasland bedraagt de depositie in de sloot slechts 1 gram actieve stof per km.
- De milieubelastingpunten totaal per teelt lopen nog veel verder uit elkaar dan de hoeveelheid depositie. Dit betekent dat bij de teelt van aardappel en in mindere mate ook bij wintertarwe en snijmais niet alleen meer middel wordt gespoten, maar dat de middelen ook een hogere milieubelasting veroorzaken.
- Door aanleg van de brede bufferstroken in ARB neemt de depositie in de sloot sterk af. Ten opzichte van de referentie situatie (LZB) neemt de depositie op met gras ingezaaide bufferstrook bij sloottype 1 af met 76% bij de teelt van consumptie aardappels en grasland op kleigrond, met 80% bij grasland op zandgrond, met 84% bij suikerbieten, met 93 % bij wintertarwe en met 95% bij de teelt van snijmais.
- Het aantal toepassingen met meer dan 10 MBP neemt eveneens sterk af. De toxiciteit voor waterorganismen wordt in belangrijke mate bepaald door de hoeveelheid water in de sloot. Bij een grotere verdunning is de milieubelasting lager. De natte doorsnede van de sloot is hierbij van belang. Van de drie sloottypen die voor deze studie zijn gekozen bedragen de natte doorsneden voor sloottype 1 ,2 en 3 respectievelijk 0,19 m², 0,5 m² en 2 m². MBP waterleven zijn berekend voor een standaard kavelsloot (sloottype 1). Neemt de natte diameter van de sloot toe, dan neemt de milieubelasting voor waterorganismen evenredig af.
- Bij aardappel en suikerbiet heeft de hoogte van het gewas dat op de bufferstrook wordt verbouwd nog een aanzienlijk invloed op de depositie. De depositie achter een bufferstrook met triticale is 40% lager dan wanneer gras op de strook

staat. Bij wintertarwe en snijmaïs is er nauwelijks verschil in depositie bij gras, gerst of triticale.

In figuur 7 is de depositie in de sloot omgerekend naar gram per hectare. De figuur geeft een goed beeld van de effecten van de bufferstroken op de depositie in de sloot. Duidelijk komt naar voren dat bufferstroken in absolute zin het grootste effect hebben bij consumptieaardappel en wintertarwe. In mindere mate bij snijmaïs en suikerbiet en een zeer gering effect bij grasland.

In relatieve zin heeft de breedte van de bufferstrook de grootste invloed bij de gewassen waarin het Lozingenbesluit een smalle teeltvrije zone is voorgeschreven, te weten wintertarwe, gras, suikerbieten en snijmaïs.



Figuur 7. De depositie van gewasbeschermingsmiddelen in sloten van verschillende breedte bij vijf teelten en drie typen bufferstroken langs sloten benedenwinds van het perceel bij een spuitboomhoogte van 50 cm, een driftarme dop (50% driftreductie).

Landbouwkundige praktijk

Uitgaan van de effecten bij een strikte naleving van het Lozingenbesluit veroorzaakt een iets vertekend beeld van de effecten van de bufferstroken. Naar verwachting geven bredere bufferstroken met name bescherming tegen hogere emissies. Deze kunnen ontstaan door verticale beweging van de spuitboom. Als het hoogteverschil tussen de spuitboom en het gewas incidenteel meer is dan 50 cm of als vergeten wordt de kantdop te gebruiken neemt de emissie in de eerste meters naast de spuitboom enorm toe.

Worst case situaties zijn in het kader van deze studie niet doorgerekend maar wel een belangrijke bron van schade aan het waterleven. In jaren dat de druk van ziekten en plagen groot is wordt vaker bespoten en soms hogere doseringen toegepast. In de studie is aangenomen dat sommige middelen op een deel van het areaal worden toegepast. Het gemiddelde gebruik is aangehouden en niet de situatie van het perceel met een toepassing.

Door een bredere bufferstrook worden de variaties en daarmee de kans op lokale overschrijdingen van schadelijke hoeveelheden kleiner.

Werkelijke belasting van het oppervlakte water

De berekeningen zijn gedaan met als uitgangspunt de definitie van sloot zoals die in het lozingenbesluit wordt gehanteerd. De gemiddelde depositie over de bovenbreedte van de sloot (insteek tot insteek) is berekend. Sloten staan echter zelden vol water. De natte oppervlakte is aanzienlijk kleiner dan de totale oppervlakte van de sloot. Bovendien ligt het water verder van de spuitboom dan de insteek van de sloot. De hoogste depositie vindt dicht bij de spuitboom plaats. De directe depositie op het wateroppervlak is lager. De depositie van spuitmiddel in de vegetatie in het droge talud van de sloot draagt niet bij aan

een piekbelasting in het water. De berekende waarden die in deze studie uitgaande van de definities uit het lozingen besluit geven een overtrokken beeld van de werkelijkheid. In tabel 12 zijn ter vergelijking de berekende deposities over het natte oppervlak weergegeven. Met name de vracht die direct in het slootwater neerslaat is aanzienlijk lager dan de berekende waarden over de totale slootbreedte in tabel 12

Tabel 12. Depositie direct in het water van een sloot bij verschillende gewassen en bufferstroken ten opzichte van de situatie waarbij het lozingenbesluit (LZB) wordt nageleefd. De emissies zijn uitgedrukt in gram actieve stof per km sloot. Ook vermeld zijn milieubelastingpunten waterleven bij verschillende sloottypen en watervolumes en het aantal toepassingen met een meer dan 10 Milieubelastingpunten.

Sloottype/ gewas	Actieve stof (g per km sloot)				MBP waterleven totaal				Aantal MBP >10	
	LZB	Gras	Gerst	Triticale	LZB	Gras	Gerst	Triticale	LZB	ARB
SLOOTTYPE 400										
Aardappel	7,7	2,6	2,2	1,7	462	154	135	113	9	5
Wintertarwe	2,4	0,4	0,4	0,4	235	40	40	36	3	3
Snijmais zand	0,5	0,1	0,1	0,1	46	9,0	8,4	7,7	4	1
Snijmais klei	1,0	0,2	0,2	0,1	53	8,2	6,3	3,8	2	1
Suikerbiet	1,0	0,3	0,2	0,2	49	12,1	8,4	4,6	1	1
Gras zand	0,14	0,05			1,2	0,4			0	0
Gras klei	0,11	0,04			1,0	0,4			0	0
SLOOTTYPE 550										
Aardappel	7,1	3,7	3,0	2,3	116	57	48	40	7	1
Wintertarwe	3,5	0,5	0,5	0,5	80	14	13	12	3	1
Snijmais zand	0,4	0,12	0,11	0,09	11	3,2	2,8	2,4	1	0
Snijmais klei	1,0	0,2	0,18	0,15	54	9,2	7,1	4,4	2	1
Suikerbiet	0,9	0,3	0,3	0,2	11	3,4	2,4	1,3	1	1
Gras zand	0,15	0,06			0,3	0,1			0	0
Gras klei	0,12	0,05			0,3	0,4			0	0
SLOOTTYPE 700										
Aardappel	10,6	5,9	4,9	3,8	22,1	11,8	10,1	8,3	0	0
Wintertarwe	3,3	0,9	0,9	0,9	10	2,9	2,7	2,5	0	0
Snijmais zand	0,7	0,20	0,18	0,16	2,1	0,6	0,6	0,5	0	0
Snijmais klei	1,3	0,4	0,4	0,3	2,2	0,6	0,5	0,4	0	0
Suikerbiet	1,5	0,6	0,4	0,4	2,0	0,8	0,5	0,3	1	0
Gras zand	0,24	0,12			0,07	0,03			0	0
Gras klei	0,18	0,09			0,06	0,03			0	0

3.1.3 Conclusies

- Brede bufferstroken van 350 cm zoals in het ARB worden aangelegd, verminderen de depositie van actieve stof in sloten met 75 tot 95 % ten opzichte van de situatie waarbij volgens de regels van het lozingenbesluit stroken teeltvrij zijn. In absolute zin liep de reductie uiteen van 0,59 tot 37,8 g actieve stof per km sloot.
- De milieubelasting daalt daardoor evenredig. Bij MBP waterleven geldt dat het incident belangrijk is. Blijvende schade ontstaat als per keer een belasting van MBP > 10 optreedt. Het aantal overschrijdingen van MBP > 10 wordt door de bufferstroken flink gereduceerd.
- Bij de keuze van middelen is niet gezocht naar middelen met de laagste milieubelasting voor waterleven. Bij consumptie aardappelen zorgen de middelen Reglone, Pirimor, Tattoo C en Aviso DF voor de incidenten van overschrijding van MBP >10. Keuze voor milieuvriendelijker alternatieven kan het aantal incidenten verder doen afnemen.
- Smalle en ondiepe sloten zijn kwetsbaarder dan brede sloten met meer water.

3.2 Indirecte emissies

In deze paragraaf is het effect van verschillende typen bufferstrook op de indirecte emissie van gewasbeschermingsmiddelen gekwantificeerd aan de hand van eenvoudige modelberekeningen. De indirecte emissie is hier gelijk gesteld aan de zogenaamde laterale uitspoeling ofwel de (ondergrondse) uitspoeling van stoffen naar het oppervlaktewater. Het effect op de indirecte emissieroute afspoeling is kwalitatief in beeld gebracht.

3.2.1 Aanpak

Uitspoelingsfactoren

Om het effect van een bufferstrook op de ondergrondse emissie van gewasbeschermingsmiddelen naar oppervlaktewater te

beschrijven is een eenvoudig model gebruikt dat is afgeleid van het instrumentarium GeoPearl (Tiktak et al, 2002). Dit model wordt gebruikt voor de nationale toelating van gewasbeschermingsmiddelen in Nederland. Het model houdt rekening met verschillende variabelen die van belang zijn voor de uitspoeling zoals de ruimtelijke verdeling van bodemtypen, organische stofgehalte, drainagemiddelen en neerslagverdeling. Daarnaast houdt het model ook rekening met fysisch-chemische stofeigenschappen, zoals adsorptievermogen en afbraaksnelheid, die bepalend zijn voor de mate waarin een gewasbeschermingsmiddel uitspoelt. De gewasopname van bestrijdingsmiddelen is als a-specifieke stof constante opgenomen. In vergelijking met bijvoorbeeld nutriënten is de gewasopname overigens verwaarloosbaar klein. Het genoemde eenvoudige rekenmodel is eerder gebruikt in de Emissie-evaluatie MJP-G 2000 (De Nie, 2002). Het model gaat uit van een gemiddelde bodemtypen, organische stofgehalte, drainagemiddelen en neerslagverdeling in Nederland. Deze situatie wijkt niet veel af van de gemiddelde situatie in Noord-Brabant. Lokaal kunnen gebiedskenmerken echter wel sterk variëren.

Berekeningswijze

In de berekeningen is uitgegaan van dezelfde basisgegevens als bij drift. Denk daarbij aan kentallen als doseringen en behandelde delen van het areaal. Met deze gegevens is het verbruik in kg werkzame stof (w.s.) per toepassing berekend. Anders dan bij drift, veroorzaakt uitspoeling vanaf het hele perceel emissie naar de aangrenzende sloot. Om zoveel mogelijk aan te sluiten bij de basisgegevens, uitgedrukt in hectare, is een rekenkundig perceel van 1 hectare gedimensioneerd tot 100 x 100 m. Dit perceel grenst aan een teelt- of spuitvrije zone overeenkomstig het Lozingenbesluit, waarnaast een sloot van 100 m lengte wordt verondersteld.

Voor zover bekend zijn er in de wetenschappelijke literatuur geen gegevens beschikbaar over het emissiereducerend effect van bufferstroken op de ondergrondse indirecte emissie van gewasbeschermingsmiddelen naar oppervlaktewater. Stofspecifieke uitspoelingsfactoren worden berekend over een heel perceel. Bij de berekeningen is er uiteraard wel rekening mee gehouden dat het totale verbruik op een perceel afneemt wanneer het areaal wordt ingekrompen door de aanleg van bufferstroken. De indirecte emissie neemt hierdoor evenredig af.

De bufferstrook is gedimensioneerd op 2 meter voor grasland en op 3,5 meter voor de overige gewassen. In de berekeningen is er van uitgegaan dat het instellen van een bufferstrook per definitie verlies van cultuurgrond betekent. Uitgaande van de bestaande situatie volgens het Lozingenbesluit leidt het instellen van een bufferstrook van 2 meter voor grasland en 3,5 meter voor de overige gewassen tot de areaalverliezen zoals weergegeven in tabel 13.

Tabel 13. Gebruikte rekenkundige areaal verliezen bij het instellen van een bufferstrook.

Gewas	Teelt-/spuitvrije zone volgens Lozingenbesluit (m)	Breedte bufferstrook (m)	verlies cultuurgrond (%)
Aardappelen	1,50	3,50	2%
Suikerbieten	0,50	3,50	3%
(snij)mais	0,50	3,50	3%
Gras	0,25	2,00	1,75%
Tarwe	0,25	3,50	3,25%

In tegenstelling tot de drift is de omvang van de uitspoeling niet afhankelijk van het slootoppervlak van de aangrenzende sloot. De rekenresultaten hebben dus betrekking op sloottypen van verschillende breedten.

Laterale uitspoeling per gewas

Om het effect van bufferstroken op de ondergrondse emissie te kwantificeren is gerekend met de gemiddelde uitspoelingsfractie zoals berekend in de Emissie Evaluatie MJP-G 2000 (De Nie, 2002). Voor de stoffen die na 2000 zijn toegelaten, en geen deel hebben uitgemaakt van de Emissie Evaluatie (mesotrione, tepraloxymid, parathion-methyl), is de gemiddelde uitspoelingsfractie genomen van de stoffen uit de basisgegevens waarvan deze wél bekend is. Tabel 14 geeft de totale jaarvrucht aan laterale uitspoeling per gewas berekend met de basisgegevens.

Tabel 14. Berekende uitspoelingsvruchten op jaarbasis per ha gewas (situatie Lozingenbesluit).

Gewas	Jaarverbruik (kilogram w.s. / ha)	Laterale Uitspoeling (gram w.s. stof per 100 m sloot)
Aardappelen	11	2,8
Suikerbieten	2,1	0,23
Snijmais (zand)	0,75	4,0
Snijmais (klei)	1,5	6,1
Gras (zand)	0,073	0,20
Gras (klei)	0,054	0,20
Tarwe	3,6	0,70

Nb: Bij gras op zand is er weliswaar meer verbruik aan werkzame stof per hectare, maar omdat deze stof niet uitspoelt (glyfosaat) wordt er niet meer uitspoeling berekend in vergelijking met gras op kleigrond.

Opvallend zijn de grote verschillen tussen de gewassen in absolute vruchten laterale uitspoeling. Deze verschillen zijn, naast verschillen in omvang van verbruik, vooral terug te voeren op de aard van de gebruikte middelen. Zo spoelt er in snijmais gemiddeld veel meer uit dan in aardappel, terwijl het jaarverbruik in dit laatste gewas toch bijna een factor 10 hoger ligt.

3.2.2 Resultaten

Het effect van een bufferstrook op de indirecte emissie als gevolg van laterale uitspoeling is per gewas weergegeven in tabel 15. Om aan te sluiten bij de berekende directe emissies (drift), die zijn uitgedrukt in gram actieve stof per km sloot, zijn de rekenuitkomsten uit tabel 14 met een factor 10 vermenigvuldigd.

Tabel 15. Berekende hoeveelheid laterale uitspoeling per gewas (gram w.s. per km slootlengte).

Gewas	Laterale Uitspoeling (gram w.s./ km sloot)			
	Akkerrand			
	<i>LB*</i>	<i>Gerst</i>	<i>tritic.</i>	<i>gras</i>
Aardappelen	28,3	27,7	27,7	27,7
Suikerbieten	2,26	2,19	2,19	2,19
Snijmais (zand)	40,1	38,9	38,9	38,9
Snijmais (klei)	61,1	59,3	59,3	59,3
Gras (zand)	1,97	<i>Nvt</i>	<i>Nvt</i>	1,94
Gras (klei)	1,97	<i>Nvt</i>	<i>Nvt</i>	1,94
Tarwe	7,05	6,82	6,82	6,82

*) akkerrand volgens Lozingenbesluit (LB)

Het instellen van een bufferstrook heeft een veel kleiner reducerend effect op de emissie via uitspoeling dan op de emissie via drift. In de huidige berekeningswijze is een afmeting van het perceel aangenomen van 100 x 100 m. Het instellen van een bufferstrook van 3,5 m in plaats van een teeltvrije zone van resp. 1,5 m dan wel 0,25 m resulteert ofwel een vermindering van het gewasareaal van ongeveer 2 tot 3 %. Als een agrariër mogelijkheden heeft om zijn doseringen nauwkeurig af te stemmen op het te bespuiten gewasoppervlak kan bij het instellen van een bufferstrook een verbruiksreductie van 2-3% worden gerealiseerd wat op zijn beurt een reductie van de uitspoeling met zich meebrengt van 2-3%.

We moeten ons realiseren dat de jaarvruchten als gevolg van laterale uitspoeling weliswaar in verhouding tot drift erg hoog is, maar dat dit zelden leidt tot hoge concentraties in het oppervlaktewater. Laterale uitspoeling is namelijk een proces dat als een reeks van diffuse emissies gedurende het hele jaar optreedt, doch vooral in perioden met een neerslagoverschot (najaar /winter). Dit in tegenstelling tot de drift die instantaan optreedt, dat wil zeggen op het moment van toepassing en dientengevolge tot piekconcentraties kan leiden. Het zijn juist deze piekconcentraties die leiden tot MTR-overschrijdingen. De concentraties die het gevolg zijn van laterale uitspoeling leiden nauwelijks tot pieken en dientengevolge slechts zelden tot normoverschrijdingen.

In bovenstaande benadering van de uitspoeling zijn alleen de processen meegenomen die voldoende wetenschappelijk onderbouwd zijn. De verwachting is dat juist de rand van een perceel meer dan gemiddeld bijdraagt aan de ondergrondse emissie naar het oppervlaktewater. Dit als gevolg van de relatief korte transportafstand tussen perceelsoppervlak en sloot. Er zijn geen kwantitatieve onderzoeksresultaten bekend over de bijdrage van de rand van een perceel aan de totale uitspoeling. Er is hier derhalve gerekend met een minimumscenario 2-3% wat betekent dat het effect van een bufferstrook tussen perceel en oppervlaktewater zeer waarschijnlijk groter is dan 2 tot 3 %. Het uitgangspunt is een perceel van 100 bij 100. Bij smalle percelen is de reductie hoger, als gevolg van een relatief groter verlies aan beteeld oppervlak door het aanleggen van een bufferstrook.

Effecten andere emissieroutes

Het instellen van een bufferstrook zal ook op andere emissieroutes, zoals (bovengrondse) oppervlakkige afspoeling, zijn effect hebben. In het demonstratieproject "Bewust boeren voor een schone Maas" is oppervlakkige afspoeling door Alterra aangetoond als een mogelijke emissieroute in Noord-Brabant, op vlakke percelen (<2% helling) (Deneer et al., 1999). Voor een drietal (oudere) onkruidbestrijdingsmiddelen (metolachloor, bromoxynil en atrazin) is op vlakke percelen snijmais (<2% helling) de hoeveelheid afspoeling gemeten. Deze bedraagt voor deze stoffen tussen de 0,01% en 0,06% van de dosering voor resp. metolachloor en atrazin. Een vertaling van deze drie stoffen (mediaan = 0,03%) naar alle stoffen per gewas (basisgegevens) leidt tot de geschatte (jaar)vruchten zoals weergegeven in tabel 16.

Door het instellen van een bufferstrook zal de afspoeling van bestrijdingsmiddelen vanaf de perceelsrand duidelijk afnemen. Wanneer de bufferstrook in de praktijk ook daadwerkelijk onbespoten blijft kan worden aangenomen dat de emissie zal dalen tot een nulniveau, hetgeen dus een reductie inhoudt van 0,01 g werkzame stof bij grasland tot 0,32 gram werkzame stof bij aardappel.

Tabel 16. Geschatte hoeveelheid afspoeling per gewas per jaar (gram w.s. per km slootlengte).

Gewas	Afspoeling bij akkerrand volgens Lozingenbesluit (gram w.s./ km sloot)
	Akkerrand volgens Lozingenbesluit <i>LB*</i>
Aardappelen	0,32
Suikerbieten	0,06
Snijmais (zand)	0,02
Snijmais (klei)	0,05
Gras (zand)	0,01
Gras (klei)	0,01
Tarwe	0,11

Een andere emissieroute die vaak buiten beschouwing blijft is de inwaaiing van gronddeeltjes, een route die vooral op zandgronden en in droge perioden voor kan komen. Volgens Deneer et.al. (1999) is afhankelijk van de stof een bijdrage mogelijk in dezelfde orde van grootte als drift. Het is niet bekend of de verwaaiing van gronddeeltjes het gevolg is van transport van grotere afstand (andere percelen) of dat het met name gaat om verwaaiing van nabijgelegen gronddeeltjes, zoals bijvoorbeeld vanaf de akkerrand. Effecten van een bufferstrook op deze emissieroute laten zich vooralsnog slecht voorspellen.

3.2.3 Conclusies

De volgende conclusies kunnen worden getrokken over de effecten van bufferstroken op de waterkwaliteit:

- Bufferstroken hebben een gering effect op de reductie van de emissie als gevolg van laterale uitspoeling. Het effect bedraagt tussen 0,03 gram werkzame stof per km sloot en 1,8 gram werkzame stof per km sloot voor resp. grasland (zand/klei) en mais (klei);
- Bufferstroken hebben ook een gering effect op de op afspoeling. Het effect bedraagt tussen 0,01 gram werkzame stof per km sloot en 0,32 gram werkzame stof per km sloot voor resp. grasland en aardappelen;
- Indirecte emissieroutes leveren een beperkte bijdrage aan de waterkwaliteit uitgedrukt in normoverschrijdingen. Het terugdringen van deze emissieroutes, bv met behulp van bufferstroken, heeft dus ook slechts een beperkt effect op de waterkwaliteit.

4 Aanbevelingen

- Het is zinvol bufferstroken vooral aan te leggen bij die gewassen waarbij het absolute rendement van de bufferstroken op directe emissies het grootst is. In onderstaande tabel is weergegeven welke gewassen dit zijn.

Absolute rendement van bufferstroken per gewas bij het reduceren van directe emissies van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen naar het oppervlaktewater.

Gewas	Stikstof		Fosfaat		Gewasbescherming
	Zand	Klei	Zand	Klei	
Cons. aardappel	0	+	0	++	+++
Wintertarwe	++	+++	0	+++	++
Mais	0	0	0	0	+
Suikerbiet	0	++	0	++	+
Gras	++	++	+	+	0

+++ hoog; ++ vrij hoog; + vrij laag; 0 laag

- Naast het subsidiëren van bufferstroken valt het te overwegen het gebruik van pneumatische kunstmeststrooiers, milieuvriendelijker gewasbeschermingsmiddelen of emissiearme spuitapparatuur (90%-driftreductie-doppen, luchtondersteuning) te stimuleren.
- Uit het onderzoek is naar voren gekomen dat bufferstroken vooral de directe emissies van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen verlagen. Aanbevolen wordt om vóór de aanleg van bufferstroken na te gaan onder welke omstandigheden bufferstroken ook tot een aanzienlijke vermindering van indirecte emissies kunnen leiden.
- Uit de modelberekeningen bleek dat het effect van bufferstroken op nutriëntenuitspoeling zeer gering was. Dit hing vooral samen met de relatief geringe breedte in verhouding tot de omvang van het totale perceel en hydrologie in het doorgerekende voorbeeld. Voor het beperken van de nutriëntenuitspoeling is het zinvoller te overwegen maatregelen te subsidiëren die leiden tot een lagere input van meststoffen.
- In deze evaluatie zijn de milieukundige gevolgen van oppervlakkige afspoeling niet gekwantificeerd. Uit buitenlandse literatuur blijkt dat afspoeling na zomerse stortbuien tot sterke emissies naar het oppervlaktewater kan leiden. Het valt te verwachten dat een voldoende brede en dichtbegroeide bufferstrook afspoeling van verontreinigingen sterk kan verminderen. Het verdient aanbeveling om effecten van bufferstroken op het verminderen van afspoeling nader te onderzoeken.

Literatuur

- Anonymus Kwantitatieve Informatie akkerbouw en groenteteelt in de volle grond 2002
- Anonymus milieumeetlat CLM <http://www.bib.wau.nl/milieumeetlat/open.html>
- Assinck, F.B.T., P. de Willigen en C.L. van Beek, 2002. Modelstudie naar het effect van onbemeste stroken op de stikstofuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Alterra-rapport 510, Alterra, Wageningen, 45 p.
- Beldman, A.C.G. en Prins, H., 1999. Analyse verschillen in mineralenoverschotten op gespecialiseerde melkveebedrijven (96/97). LEI rapport 2.99.01, Den Haag.
- Bosma, A.H., 2000. Europese test van 10 kunstmeststrooiers met twee schijven. Landbouwmachinerie 51(2000)2: 12-16
- Deneer, J.W., R.A. Smidt, R.C.M. Merkelbach en A.M.A. van der Linden, 1999. Emissieroutes van gewasbeschermingsmiddelen in de teelt van snijmaïs in het zuidoosten van Noord-Brabant. Interpretatie van meetgegevens uit het demonstratieproject 'Bewust boeren voor een schone Maas' in 1997. Rapport 645. DLO-Staring Centrum (thans: Alterra), Wageningen.
- De Nie, D.S. (Ed.), 2002. Emissie-evaluatie MJP-G 2000. Achtergronden en berekeningen van emissies van gewasbeschermingsmiddelen. Rapport 716601004. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Hendriks, J.G.L. & J.F.M. Huijsmans, 1992. Slecht verdeeld, mest verspeeld. Verdeenauwkeurigheid mesttoediening bij ketsplaat en mestpendel. Landbouwmachinerie 43(1992)3: 10-12.
- Wageningen UR – Agrotechnology and Food Innovations B.V., 1992. Onderzoek Vicon Rota Flow kunstmeststrooier type BS950, BS1100, BS1400, BS1650 en BS2000. Instituut voor mechanisatie, Arbeid en Gebouwen, IMAG-DLO Bulletin 1113, Wageningen, 1992, 14p.
- http://www.gewasbescherming.nl/main_sector_themas_lozingenbesluit_zones.html#akkerbouw
- Panfa, 2001. Jaarverslag 2000 Proeftuin St. Anthonis. Tilburg, Projectbureau ZLTO Advies.
- Panfa, 2003. <http://194.151.39.37/panfa/anthonis.htm>
- Porskamp, H.A.J. en J.C. van de Zande, 2003. Effect van bufferstroken op kwaliteit van oppervlaktewater. Emissie van gewasbeschermingsmiddelen. IMAG, Wageningen Nota P 200-74.
- Praktijkcijfers 2, 2002. Resultaten melkvee 2001. Rapport 6.
- Praktijkcijfers 2, 2002. Resultaten akkerbouw en vollegrondsgroente 2001. Rapport 7.
- Reus, J.A.W.A., 1992. Milieumeetlat voor bestrijdingsmiddelen. Toetsing en bijstelling. Centrum voor Landbouw en Milieu, Utrecht.
- RIVM, 2002. MINAS en milieu; balans en verkenning. RIVM, Bilthoven.
- Staatsblad 43, 2000. Besluit van 27 januari 2000, houdende regels voor het lozen op oppervlaktewater dat samenhangt met agrarische activiteiten in de open grond alsmede gebruiksvoorschriften voor bestrijdingsmiddelen (Lozingenbesluit open teelt en veehouderij).
- Telen met toekomst, 2003. PPO Farm-dataset Telen met toekomst.
- Tiktak, A., D.S. De Nie, A.M.A. van der Linden, R. Kruijne, 2002. Modelling the leaching and drainage of pesticides in the Netherlands: the GeoPEARL model. Agronomie, 22:373-387.
- Van de Zande, J.C. Effect van bufferstroken op kwaliteit van oppervlaktewater. Emissie van meststoffen. IMAG, Wageningen Nota P 2003-73.
- Van Diepen C.A., G.H.P. Arts, J.W.H. van der Kolk, A. Smit en J. Wolf, 2002. Mogelijkheden voor verbetering van de waterkwaliteit door vermindering van nutriëntenbelasting in Noord-Brabant. Deelrapport 4: Mogelijkheden voor toepassing van effectgerichte maatregelen op gebied van waterbeheer en waterzuivering. Alterra-rapport 527.4, Alterra, Wageningen, 53 p.
- Van Dijk, W., 2003. Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw – en vollegrondsgroentegewassen. PPO publicatie 307.

Bijlage 1

Procentuele bemesting in bufferstroken, teeltvrije zones en sloten bij verschillende bemestingsmethoden. Bemesting van het hoofdgewas is op 100% gesteld (gegevens Wageningen UR – Agrotechnology and Food Innovations B.V.).

Mestsoort	Wijze van toedienen	in teeltvrije zone			in bufferstrook	
		25 cm	50 cm	150 cm	200 cm	350 cm
<i>Op bufferstroken</i>						
Kunstmest	Pneumatisch	25,0	12,5	4,2	3,1	1,8
	Centrifugaal: kant-af	8,7	8,2	3,9	3,0	2,1
	Centrifugaal: kant-toe	15,5	13,8	10,1	8,9	5,9
Dierlijke mest	Breedwerpig + ketsplaat	2,9	2,6	1,2	0,9	0,5
	Bouwlandinjecteur	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Zodebemester	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		bij teeltvrije zone			bij bufferstrook	
		25 cm	50 cm	150 cm	200 cm	350 cm
<i>In sloot van 400 cm breed</i>						
Kunstmest	Pneumatisch	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Centrifugaal: kant-af	1,5	1,1	0,5	0,5	0,3
	Centrifugaal: kant-toe	4,6	3,9	1,3	0,7	0,2
Dierlijke mest	Breedwerpig + ketsplaat	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0
	Bouwlandinjecteur	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Zodebemester	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>In sloot van 550 cm breed</i>						
Kunstmest	Pneumatisch	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Centrifugaal: kant-af	1,2	0,8	0,4	0,4	0,3
	Centrifugaal: kant-toe	3,4	2,9	1,0	0,6	0,2
Dierlijke mest	Breedwerpig + ketsplaat	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
	Bouwlandinjecteur	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Zodebemester	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>In sloot van 700 cm breed</i>						
Kunstmest	Pneumatisch	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Centrifugaal: kant-af	0,9	0,7	0,4	0,4	0,3
	Centrifugaal: kant-toe	2,6	2,2	0,8	0,5	0,2
Dierlijke mest	Breedwerpig + ketsplaat	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
	Bouwlandinjecteur	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Zodebemester	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Bijlage 2

Effectiviteit van bufferstroken ten aanzien van reductie nutriëntenbelasting oppervlaktewater

In veel studies is gebleken dat bufferstroken effectief zijn in de vermindering van de belasting van stikstof (N) en fosfaat (P) naar het oppervlaktewater. Uiteraard zijn er ook uitzonderingen geconstateerd, maar die zijn toe te schrijven aan speciale hydrologische omstandigheden, of, voor P, te wijten aan in oplossing gaan van P door reducerende omstandigheden bij vernatting. Cook (1997) geeft enkele voor- en nadelen van bufferzones (Tabel 1). Addiscott (1997) geeft een kritische beschouwing over het nut van bufferzones. Van Beek *et al.* (2003) beschouwen diverse maatregelen om belasting oppervlaktewater te verminderen, waarbij wordt geconcludeerd dat het aanleggen van bufferstroken één van de meest kansrijke maatregelen is indien de hydrologische situatie daar geschikt voor is.

Enkele voor- en nadelen van bufferzones (uit: Cook, 1997).

Voordelen
<ul style="list-style-type: none"> • graszones handhaven of vergroten de biodiversiteit (mits jaarlijks gemaaid en voorzien van gemengde grassoorten) • verhinderen transport van toxische stoffen naar aangrenzende habitats • beschermen water tegen aanvoer van pesticiden en stikstof • graszones of onbegroeide zones vergemakkelijken veldbewerking waarbij geen gewasverliezen optreden • beperken akkerbouw tot centra afgescheiden van habitats • vergemakkelijken onkruidbeheer indien een stuk braak wordt gehanteerd tussen buffer en akker
Nadelen
<ul style="list-style-type: none"> • verlies aan productie en inkomen • geringere efficiëntie (in bewerking) in kleine akkers • beperking in landgebruik • bufferzones met ander gewas leid tot complexere planning en bewerking • indien akker grenst aan buffer is de kans groot dat onkruiden de akker ingroeien

In het onderstaande worden de volgende aspecten kort beschouwd:

- effectiviteit
 - definitie effectiviteit
 - meten van effectiviteit in het veld
 - enkele gerapporteerde ranges van effectiviteit in de literatuur
- factoren die effectiviteit beïnvloeden
 - effect van hydrologie op de effectiviteit
 - reductie bemesting en effectiviteit

Effectiviteit: definitie

Onder effectiviteit van een bufferzone wordt verstaan de mate waarin de uitspoeling wordt verminderd. Orleans *et al.* (1994) geven de volgende 2 definities

$$E_1 = \frac{U_B - U_S}{U_B} 100\% , \quad (1)$$

en

$$E_2 = \frac{I - U_S}{I} 100\% , \quad (2)$$

waarin

E	effectiviteit	%
U_B	de totale uitspoeling bij volledige bemesting	kg ha ⁻¹
U_S	de totale uitspoeling bij aanwezigheid van een bufferstrook	kg ha ⁻¹
I	toestroom van nutriënten uit het bemeste deel van het perceel naar de bufferzone	kg ha ⁻¹

In bovenstaande berekeningen is steeds sprake van nutriëntenfluxen. Deze worden niet direct gemeten. Een alternatieve manier om effectiviteit te definiëren is de volgende

$$E_3 = \frac{C_B - C_S}{C_B} 100\% , \quad (3)$$

waarin

E	effectiviteit	%
C_B	de concentratie in bodemvocht of bovenste grondwater bij volledige bemesting	mg L ⁻¹
C_S	de concentratie in bodemvocht of bovenste grondwater bij aanwezigheid van een bufferstrook	mg L ⁻¹

De effectiviteit E_3 is vrij eenvoudig in de praktijk vast te stellen door de concentraties van het bodemvocht te meten. Door dit in de tijd te herhalen kan een indruk worden verkregen hoe de effectiviteit verloopt als functie van de tijd.

De meest correcte wijze van vaststellen van de effectiviteit is door een huidig perceel (zonder bufferstrook) loodrecht op de sloot in twee delen op te splitsen. In 1 deel wordt een bufferstrook aangelegd en in het andere deel niet. In de praktijk, i.c. in de wetenschappelijke literatuur, wordt dit echter nooit toegepast. Vaak staan onderzoekers voor een gegeven feit dat een gebied of perceel een bufferstrook heeft. In dat geval wordt ervoor gekozen om in de berekening van E_3 gebruik te maken van C_S zoals gemeten in grondwater onder de bufferstrook en van C_B zoals gemeten in het grondwater van het perceel dat grenst aan de bufferstrook. Hierbij wordt van de veronderstelling uitgegaan dat de concentratie in het grondwater midden in het perceel hetzelfde is als aan de rand van het perceel bij afwezigheid van een bufferstrook.

Metten van effectiviteit

Er zijn geen meetcampagnes bekend waarbij belasting oppervlaktewater is gevolgd in een periode voorafgaand aan de aanleg van een bufferzone gevolgd door een periode na aanleg van de bufferzone. Derhalve wordt de effectiviteit van een bufferstrook meestal gedomineerd via de vermindering van N en P concentraties (in bodemvocht of grondwater) onder de bufferzone in vergelijking tot de concentraties in naastgelegen gebieden. Kenmerkend voor de studieobjecten in de literatuur is dat er steeds sprake is van ondiepe grondwaterstanden (zeg tot 3 m diep) vaak in gebieden met zeer slecht doorlatende bodemlagen op geringe diepte. Veelal ligt het terrein op een helling. Deze situaties leiden ertoe dat N en P vanuit hoger gelegen delen via ondiepe ondergrondse stroming richting het oppervlaktewater stromen. Vaak is dat de enige aanvoer van N en P in de bufferzone. Tijdens het verblijf in en transport door de bufferzone zorgen lokale processen voor verandering van de concentraties van N en P. Mogelijke processen zijn gegeven in onderstaande tabel.

Processen welke leiden tot verwijdering of verrijking van N en P in de bufferzone.

Proces	N	P
Verdunding door menging met 'schoon' diep grondwater	+	+
Verdunding door infiltrerend 'schoon' regenwater	+	+
Verdunding door infiltratie van 'schoon' water uit oppervlaktewater	+	+
Verrijking door menging met 'verontreinigd' diep grondwater	+	+
Verrijking door infiltratie van 'verontreinigd' water uit oppervlaktewater	+	+
Opname door gewas	+	+
Denitrificatie	+	
In oplossing raken door reducerende omstandigheden		+

Afhankelijk van de lokale hydrologische situatie zullen N en P al dan niet in lagere concentraties in de bufferzone voorkomen. Indien de concentraties in de bufferzone in de richting van het oppervlaktewater afnemen, dan zal de belasting van het oppervlaktewater gering zijn.

Op hellende terreinen wordt veelal aandacht geschonken aan oppervlakkige afstroming (runoff), waarbij de bufferzone als infiltratiezone kan gelden zodat directe belasting van oppervlaktewater door oppervlakkige afstroming wordt tegengegaan. In de vlakke agrarische regio's in Nederland zal dit proces nauwelijks een rol spelen, zodat oppervlakkige afstroming verder buiten beschouwing wordt gelaten. Een *quick-scan* in de literatuur (zie literatuurlijst aan het eind) heeft slechts enkele studies opgeleverd voor vlakke situaties.

In de meeste studies wordt het grondwater op diverse afstanden (loodrecht) van het oppervlaktewater bemonsterd en geanalyseerd op concentraties N en P (en eventueel andere concentraties). Vaak wordt grondwater op meerdere dieptes

bemonsterd. In sommige gevallen wordt ook de grond bemonsterd boven het grondwater. Op deze wijze kan (al dan niet) worden aangetoond dat de N en P concentraties onder de bufferzone lager zijn dan die in het aangrenzende gebied.

Om een verklaring te geven waarom concentraties onder de bufferzone anders zijn en welke processen daarin verklarend zijn worden meestal additionele gegevens verzameld. Waterstroming wordt gekarakteriseerd (grondwaterstand, waterpotentiaal), en aanvullende concentraties worden gemeten. Bijvoorbeeld, om aan te tonen dat denitrificatie een dominant proces in (relatief natte) bufferzones is wordt een inert element (een stof die niet onderhevig is aan omzettingen in de bodem) gemeten, zoals, bijvoorbeeld, Cl. Verlaging in de verhouding N:Cl duidt er op dat de verlaging van N niet door verdunning alleen is veroorzaakt (immers dat veroorzaakt een zelfde verandering in Cl) maar dat er additionele biologische processen een rol spelen. Indien gewasopname bekend is in de bufferzone, dan is de overige N afname veroorzaakt door denitrificatie.

Ranges van effectiviteit

Uit een literatuurstudie van Dinnes *et al.* (2002) kunnen effectiviteiten variëren van 48% tot vrijwel 100%. De effectiviteit wordt wel bepaald door de breedte van bufferstrook. Zo drukken Sabater *et al.* (2003) de effectiviteit uit per m breedte van de bufferstrook. In hun studies vonden zij effectiviteiten van 5% m⁻¹ tot 30% m⁻¹. Ook het type gewas op de bufferstrook kan van invloed zijn. Haycock and Pinay (1993) vonden dat een bosbuffer efficiënter is dan een grasbuffer: 99% retentie versus 84% retentie. Uit modelberekeningen voor grasland is duidelijk aangetoond dat de breedte van een bufferstrook van invloed is op de effectiviteit (Assinck *et al.*, 2002).

Voor P worden veelal veel geringere effecten gevonden dan voor N. Met name op zandgronden vonden Orleans *et al.* (1994) via modelberekeningen effectiviteiten van minder dan 10%.

Effect hydrologie op effectiviteit

Zoals eerder gemeld zal een bufferstrook pas effectief zijn indien grondwaterstroming er toe leidt dat N en P vanuit het perceel door de bufferzone heen stroomt. Zo niet, dan zal de aanwezigheid van een bufferzone nauwelijks of niet leiden tot vermindering van de belasting van het oppervlaktewater. In het meest extreme geval van verticale grondwaterstroming zal de effectiviteit 0% zijn. Een ander extreem geval is een zeer brede bufferstrook bij horizontale grondwaterstroming bij aanwezigheid van een ondoorlatende laag op zeer gering diepte. Dan zal de uitspoeling vanuit het aangrenzende perceel volledig in de bufferzone worden opgebruikt door andere processen: 100% effectiviteit. De aanwezigheid van drainagebuizen zullen de effectiviteit van de bufferzones grotendeels teniet doen. Immers, er zal nauwelijks horizontale verplaatsing van N en P vanuit het perceel naar de bufferzone plaatsvinden, omdat de uitspoeling grotendeels verloopt via de drains welke direct in de sloot uitmonden.

In gebieden met sterke kwel kunnen de concentraties in de omgeving van de sloot verdund worden (eventueel verrijkt). In dergelijke gevallen is het dus moeilijk om aan te tonen of de lage concentraties nabij de sloot het gevolg zijn van de aanwezigheid van een bufferzone. In dergelijke gevallen kan het helpen om een conservatief element, bijvoorbeeld chloor, naast nitraat te meten. Verschillen in verhoudingen tussen chloor en nitraat op verschillende afstanden van de sloot kunnen duiden op andere processen in de bufferzone die de nitraatconcentratie doen verlagen. Uiteraard moet het kwelwater geen (of zo min mogelijk) van de conservatieve stof bevatten.

Reductie bemesting en effectiviteit

Omdat een deel van het perceel niet bemest wordt, zal er bij gelijkblijvende bemestingsintensiteit per werkelijk m² dus minder mest in absolute zin worden aangevoerd. Dat is de eerste winst in vermindering belasting oppervlaktewater. De echte winst zal groter zijn als gevolg van eerdere genoemde verwijderingsprocessen in de bodem. Assinck *et al.* (2002) lieten in een modelberekening zien dat bij een relatieve breedte van de bufferstrook (ten opzichte van slootafstand) van bijvoorbeeld 10% de relatieve N uitspoeling (ten opzichte van afwezigheid bufferstrook) ongeveer 50% bedroeg (dus meer dan de 10% minder opgebrachte hoeveelheid N)

Referenties

Hieronder volgen enkele referenties over experimentele bepalingen van de effectiviteit van bufferzones. Aan het eind zijn nog enkele referenties gegeven welke literatuuroverzichten geven. Tenslotte worden nog een paar referenties gegeven waarin modellen beschreven zijn die gebruikt worden bij onderzoek naar bufferstroken.

Addiscott T.M., 1997. A critical review of the value of buffer zone environments as a pollution control tool. In N.E. Haycock, T.P. Burt, K.W.T. Goulding and G. Pinay (eds.), Buffer Zones: Their Processes and Potential in Water Protection, pp. 236-243. Quest Environmental.

Altman S.J. and R..R. Parizek, 1995. Dilution of nonpoint-source nitrate in ground water. *Journal of Environmental Quality*

- 24: 707-718.
- Assinck F.B.T., P. de Willigen en C.L. van Beek, 2002. Modelstudie naar het effect van onbemeste stroken op de stikstofuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Alterra-rapport 510, Alterra, Wageningen, 45 p.
- Boers P.C.M., 1996. Nutrient emissions from agriculture in the Netherlands, causes and remedies. *Water Sciences and Technology* 33: 183-189.
- Borin M. and E. Bigon, 2002. Abatement of NO₃-N concentration in agricultural waters by narrow buffer strips. *Environmental Pollution* 117: 165-168.
- Cook R.J., 1997. The potential impact of buffer zones in agricultural practice. In N.E. Haycock, T.P. Burt, K.W.T. Goulding and G. Pinay (eds.), *Buffer Zones: Their Processes and Potential in Water Protection*, pp. 265-274. Quest Environmental.
- De Klein J.J.M. and M.M. Hefting, 1998. Nitrogen dynamics in bufferstrips along lowland streams. In: R. Roijackers, R.H. Aalderink, G. Blom, *Eutrophication research : state-of-the-art : inputs, processes, effects, modelling, management*, Proceedings 28 - 29 August 1997, pp. 35-42, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
- Dhondt K., P. Boeckx, O. Van Cleemput, G. Hofman and F. De Troch, 2002. Seasonal groundwater nitrate dynamics in a riparian buffer zone. *Agronomie* 22: 747-753.
- Dils R.M. and A.L. Heathwaite, 1999. The controversial role of tile drainage in phosphorus export from agricultural land. *Water Science and Technology* 39: 55-61.
- Dinnes D.L., D.L. Karlen, D.B. Jaynes, T.C. Kaspar, J.L. Hatfield, T.S. Colvin and C.A. Cambardella, 2002. Nitrogen management strategies to reduce nitrate leaching in tile-drained midwestern soils. *Agronomy Journal* 94: 153-171.
- Haycock N.E. and T.P. Burt, 1993. Role of floodplain sediments in reducing the nitrate concentration of subsurface run-off: a case study in the Cotswolds, UK. *Hydrological Processes* 7: 287-295.
- Haycock N.E. and G. Pinay, 1993. Groundwater nitrate dynamics in grass and poplar vegetated riparian buffer strips during the winter. *Journal of Environmental Quality* 22: 273-278.
- Hefting M.M. and J.J.M. De Klein, 1998. Nitrogen removal in buffer strips along a lowland stream in the Netherlands: a pilot study. *Environmental Pollution* 102 (S1): 521-526.
- Hill A.R., 1996. Nitrate removal in stream riparian zones. *Journal of Environmental Quality* 25: 743-755.
- Kuusemets V., U. Mander, K. Lohmus and M. Ivask, 2001. Nitrogen and phosphorus variation in shallow groundwater and assimilation in plants in complex riparian buffer zones. *Water Science and Technology* 44: 615-622.
- Leeds-Harrison P.B., J.N. Quinton, M.J. Walker, C.L. Sanders and T. Harrod, 1999. Grassed buffer strips for the control of nitrate leaching to surface waters in headwater catchments. *Ecological Engineering* 12: 299-313.
- Lowrance R., R.K. Hubbard and R.G. Williams, 2000. Effects of a managed three zone riparian buffer system on shallow groundwater quality in the southeastern coastal plain. *Journal of Soil and Water Conservation* 55: 212-220.
- Mander U., V. Kuusemets, K. Lohmus and T. Mäuring, 1997. Efficiency and dimensioning of riparian buffer zones in agricultural catchments. *Ecological Engineering* 8: 299-324.
- Mengis M., S.L. Schiff, M. Hattris, M.C. English, R. Aravena, R.J. Elgood and A. MacLean, 1999. Multiple geochemical and isotopic approaches for assessing ground water NO₃ elimination in a riparian zone. *Ground Water* 37: 448-457.
- Novak J.M., P.G. Hunt, K.C. Stone, D.W. Watts and M.H. Johnson, 2002. Riparian zone impact on phosphorus movement to a Coastal Plain black water stream. *Journal of Soil and Water Conservation* 57: 127-133.
- Orleans A.B.M., F.L.T. Mugge, T. Van Der Meij, P. Vos and W.J. Ter Keurs, 1994. Minder nutriënten in het oppervlaktewater door bufferstroken? Een literatuuranalyse. Milieubiologie, Rijksuniversiteit Leiden, 88 p.
- Sabater S. A. Butturini, J.-C. Clement, T. Burt, D. Dowrick, M. Hefting, V. Maitre, G. Pinay, C. Postolache, M. Rzepecki and F. Sabater, 2003. Nitrogen removal by riparian buffers along a European climatic gradient: patterns and factors of variation. *Ecosystems* 6: 20-30.
- Scalenghe R., A.C. Edwards, F. Ajmone Marsan and E. Barberis, 2002. The effect of reducing conditions on the solubility of phosphorus in a diverse range of European agricultural soils. *European Journal of Soil Science* 53: 439-447.
- Spruill T.B., 2000. Statistical evaluation of effects of riparian buffers on nitrate and ground water quality. *Journal of Environmental Quality* 29: 1523-1538.
- Stone K.C. P.G. Hunt, F.J. Humenik and M.H. Johnson, 1998. Impact of swine waste application on ground and stream water quality in an Eastern Coastal Plain watershed. *Transactions of American Society of Agricultural Engineers* 41: 1665-1670.
- Van Beek C.L., O.A. Clevering, L.J.M. Kater en H. van Reuler, 2003. Maatregelen om de belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfaat uit de landbouw te verminderen. Alterra-rapport 714, Alterra, Wageningen, 60 p.
- Vought L.B.M. et al, 1994. Nutrient retention in riparian ecotones. *Ambio* 23: 342-348.

Literatuuroverzichten

- Dinnes D.L., D.L. Karlen, D.B. Jaynes, T.C. Kaspar, J.L. Hatfield, T.S. Colvin and C.A. Cambardella, 2002. Nitrogen management strategies to reduce nitrate leaching in tile-drained midwestern soils. *Agronomy Journal* 94: 153-171.
- Dosskey M.G., 2001. Toward quantifying water pollution abatement in response to installing buffers on crop land.

- Environmental Management* 28: 577-598.
- Hill A.R., 1996. Nitrate removal in stream riparian zones. *Journal of Environmental Quality* 25: 743-755.
- Martin T.L., N.K. Kaushik, J.T. Trevors and H.R. Whiteley, 1999. Review: denitrification in temperate climate riparian zones. *Water, Air and Soil Pollution* 111: 171-186.
- Orleans A.B.M., F.L.T. Mugge, T. Van Der Meij, P. Vos and W.J. Ter Keurs, 1994. Minder nutriënten in het oppervlaktewater door bufferstroken? Een literatuuranalyse. Milieubiologie, Rijksuniversiteit Leiden, 88 p.
- Vought L.B.-M., J. Dahl, C. Lauge Pedersen and J.O. Lacoursière, 1994. Nutrient retention in riparian ecotones. *Ambio* 23: 342-348.

Bufferzone modellen

Blackwell *et al.* (1999) vermelden de volgende drie bufferzone gerelateerde modellen.

- REMM: Riparian Ecosystem Management Model (Lowrance *et al.*, 1998)
- RIMS: Riparian Management System (Isenhardt *et al.*, 1995)
- NICOLAS: Nitrogen Control by Landscape Structures in Agricultural Environments (NICOLAS, 1997)

Blackwell *et al.* (1999) refereren naar Merot and Durand (1997) die een aantal bufferzone gerelateerde modellen beschrijven. Zij concluderen dat geen enkel model voor praktische doeleinden geschikt is, omdat ze grote hoeveelheden empirische data nodig hebben voor een goede validatie.

- Blackwell M.S.A., D.V. Hogan and E. Maltby, 1999. The use of conventionally and alternatively located buffer zones for the removal of nitrate from diffuse agricultural run-off. *Water science and Technology* 39: 157-164.
- Isenhardt T.M., R.C. Schultz, J.P. Colletti and C.A. Rodrigues, 1995. Design, function, and management of integrated riparian management systems. *Proceedings of the National Symposium on Using Ecological Restoration to Meet Clean Water Act Goals*, March 1995, pp. 93-102, USEPA, Chicago, IL
- Lowrance R., L.S. Altier, R.G. Williams, S.P. Inamdar, D.D. Bosch, J.M. Sheridan and D.L. Thomas, 1998. The riparian ecosystem management model: simulator for ecological processes in riparian zones. *Proceedings of the First Federal Interagency Hydrologic Modeling Conference*, April 1998, Las Vegas, NV.
- Merot P. and P. Durand, 1997. Modelling the interaction between buffer zones and the catchment. In N.E. Haycock, T.P. Burt, K.W.T. Goulding and G. Pinay (eds.), *Buffer Zones: Their Processes and Potential in Water Protection*, pp. 208-217. Quest Environmental.
- NICOLAS, 1997. Nitrogen Control by Landscape Structures in Agricultural Environments. European Commission DGXII Research Project: 1997-2000: Project Number ENV4-CT97-0395.

Bijlage 3

Afspoeling van nutriënten vanaf landbouwpercelen

Hieronder wordt in meer kwalitatieve zijn aangegeven onder welke omstandigheden afspoeling een rol kan spelen. Van Diepen et al. (2002) hebben een studie uitgevoerd naar de mogelijkheden voor toepassing van effectgerichte maatregelen op gebied van waterbeheer en waterzuivering In Noord-Brabant. Of en waar afspoeling optreedt hangt af van veldomstandigheden zoals bepaald door de volgende factoren:

- Helling (incl. bolheid poercelen)
- Lage maaiveldberging vanwege
 - Geringe ruwheid van bodemoppervlak
 - Afwezigheid van vegetatie
- Binnen 10 m van de sloot
- Geringe infiltratiecapaciteit bij
 - Zavel, hoog klei- of leemgehalte
 - Verslachte, vertrapte of verdichte bovenlaag
 - Ondoorlatende ondergrond
- Slechte ontwatering: ondiep grondwater
- Zware buien die zelden voorkomen, leveren het grootste risico

Algemene conclusie was dat afspoeling mogelijk alleen relevant is in kleigebied West-Brabant, in Land van Heusden en Altena (met name bij akkerbouw op zavelgrond), en tevens in rivierkleigebieden en de lemige vrij natte gronden in de Meireij van Den Bosch. Op zandgronden in Noord-Brabant lijkt oppervlakkige afspoeling van nutriënten geen issue. Ook uit de resultaten van de STONE berekeningen voor de evaluatie mest wet 2002 blijkt dat voor diverse regio's in Noord-Brabant de oppervlakkige afspoeling nihil is (zie tabel hieronder). Vergelijkbare resultaten werden gevonden door Van der Bolt te al. (1996). Bij beide studies moet dus wel worden opgemerkt dat geen rekening is gehouden met piekbelasting.

Regio	Water mm/jr	NO ₃ -N kg/ha/jr	NH ₄ -N kg/ha/jr	Norg-N kg/ha/jr	PO ₄ -P kg/ha/jr	Porg-P kg/ha/jr
Den Bosch	3.818	0.088	0.108	0.011	0.017	0.001
Aa	0.391	0.006	0.012	0.001	0.001	0.000
Peel	0.374	0.007	0.012	0.001	0.001	0.000
Oost Dommel	0.124	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000
Midden Dommel	0.164	0.003	0.005	0.001	0.001	0.000
West Dommel	0.073	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000
Noord Dommel	0.212	0.004	0.007	0.001	0.001	0.000
Donge	0.347	0.008	0.011	0.001	0.002	0.000
Mark	0.351	0.005	0.008	0.001	0.001	0.000
Roosendaal	2.275	0.055	0.054	0.003	0.016	0.000

Geraadpleegde literatuur

Van Diepen C.A., G.H.P. Arts, J.W.H. van der Kolk, A. Smit en J. Wolf, 2002. Mogelijkheden voor verbetering van de waterkwaliteit door vermindering van nutriëntenbelasting in Noord-Brabant. Deelrapport 4: Mogelijkheden voor toepassing van effectgerichte maatregelen op gebied van waterbeheer en waterzuivering. Alterra-rapport 527.4, Alterra, Wageningen, 53 p.

Van der Bolt F.J.E., P.E.V. Van Walsum, P. Groenendijk en H.P. Oosterom, 1996. Nutrientenbelasting van grond- en oppervlaktewater in de stroomgebieden van de Beerze, de Reusel en de Rosep. Rapport 306, DLO Staring Centrum, Wageningen. 4 delen.

Bijlage 4 (1 van 4)

Teeltuitvoering bij late consumptie aardappelen en aardappelen voor verwerking. Uitgangspunten per Teeltfase en periode: hoogte gewas- op veld en bufferstrook en gewasbeschermingsmaatregel

Teeltfase	Periode	Hoogte gewas (cm)	Hoogte randgewas triticale/ gerst	Gewasbescherming	Middel	Actieve stof	Dosering (l of kg/ha)	Deel van het areaal (%)
Poten van aardappels	15 april	0	25/25	Herbicide	Roundup	Glyfosaat	4	25
	15 april	0	25/25	Herbicide	Gramoxone	Paraquat-dichloride	2	25
Ruggen aanfrezen	1 mei	0	25/25					
Opkomst van de aardappel	15 mei – 1 juni	25	50/50	Herbicide	Sencor WG	Metribuzin	0,1	100
	15 mei – 1 juni	25	50/50	Herbicide	Basagran	Bentazon	0,1	100
	15 mei – 1 juni	25	50/50	Herbicide	Titus	Rimsulfuron	0,04	50
Risico phytophthora	1 – 15 juni	50	100/75	Fungicide	Shirlan flow	Fluazinam	0,3	200
Risico phytophthora	15 – 30 juni	75	125/100	Fungicide	Shirlan flow	Fluazinam	0,3	300
	15 – 30 juni	75	125/100	Fungicide	Aviso DF	Cymoxanil/ etiram	3	100
Bloei aardappelen	15 – 30 juni	75	125/100	Herbicide	MCPA	MCPA	0,5	50
Risico phytophthora	30 juni – 30 juli	75	150/125	Fungicide	Shirlan flow	Fluazinam	0,3	300
	30 juni – 30 juli	75	150/125	Fungicide	Aviso DF	Cymoxanil/metiram	3	100
	30 juni – 30 juli	75	150/125	Insecticide	Pirimor	Pirimicarb	0,5	200
	30 juni – 30 juli	75	150/125	Herbicide	MCPA	MCPA	0,5	50
Risico phytophthora	30 juli – 30 aug	75	125/100	Fungicide	Shirlan flow	Fluazinam	0,3	300
	30 juli – 30 aug	75	125/100	Fungicide	Tattoo C	Chloorthalonil/prop amocarb	2,7	100
	30 juli – 30 aug	75	125/100	Insecticide	Pirimor	Pirimicarb	0,5	200
Doodspuiten loof	30 aug – 30 sept	75	125/100	Fungicide	Shirlan flow	Fluazinam	0,3	200
	30 aug – 30 sept	75	125/100	Herbicide	Reglone	Diquat-bromide	4	50
	30 aug – 30 sept	75	125/100	Herbicide	Finale	Glyfosinaat-ammonium	3	50
Afspuiten onkruid	oktober			Herbicide	Roundup	Glyfosaat	4	25

Vervolg Bijlage 4 (2 van 4)

Teeltfase, periode, hoogte gewas- op veld en bufferstrook en gewasbeschermingsmaatregel bij snijmais op zandgrond

Teeltfase	Periode	Hoogte gewas	Hoogte randgewas triticale/gerst/gras	Gewasbescherming	Middel	Actieve stof	Dosering (l of kg/ha)	% van het areaal
Zaaiklaar maken	15 april	0	25/25/25	Geen				
Van zaai tot opkomst	1 mei – 15 mei	0	50/50/25	Herbicide	Merlin	Isoxaflutool	0,1	15
Van zaai tot opkomst	1 mei – 15 mei	0	50/50/25	Herbicide	Dual Gold	Metolachloor	1,6	15
Van zaai tot opkomst	1 mei – 15 mei	0	50/50/25	Herbicide	Frontier Optima	Dimethenamid-P	1,4	15
Mais 2 – 5 blad	15 mei – 1 juni	25	75/50/25	Herbicide	Mikado	Sulcotrion	1	50
Mais 2 – 5 blad	15 mei – 1 juni	25	75/50/25	Herbicide	Callisto	Mesotrion	1	50
Mais 2 – 5 blad	15 mei – 1 juni	25	75/50/25	Herbicide	Milagro	Nicosulfuron	0,75	100
Mais 2 – 5 blad	15 mei – 1 juni	25	75/50/25	Herbicide	Gardoprim	Terbutylazin	1	50
Mais 5 bladeren	1 juni	25	75/50/25	Herbicide	Banvel 4S	Dicamba	0,5	10
Mais 5 bladeren	1 juni	25	75/50/25	Herbicide	Litarol	bromoxynil)	0,25	10

Teeltfase, periode, hoogte gewas- op veld en bufferstrook en gewasbeschermingsmaatregel bij snijmais op klei

Teeltfase	Periode	Hoogte gewas	Hoogte randgewas triticale/gerst	Gewasbescherming	Middel	Actieve stof	Dosering (l of kg/ha)	Deel van het areaal (%)
Zaaiklaar maken	15 april	0	25/25	Herbicide	Roundup	Glyfosaat	4	50
Mais 2 – 5 blad	15 mei – 1 juni	25	75/50	Herbicide	Laddok N	Terbutylazin/ Bentazon	3	50
Mais 2 – 5 blad	15 mei – 1 juni	25	75/50	Herbicide	Callisto	Mesotrion	1	50
Mais 2 – 5 blad	15 mei – 1 juni	25	75/50	Herbicide	Milagro	Nicosulfuron	0,75	50
Mais 2 – 5 blad	15 mei – 1 juni	25	75/50	Herbicide	Banvel 4S	Dicamba	0,5	10
Mais 2 – 5 blad	15 mei – 1 juni	25	75/50	Herbicide	Litarol	Bromoxinil	0,25	25

Vervolg Bijlage 4 (3 van 4)

Teeltfase, periode, hoogte gewas- op veld en bufferstrook en gewasbeschermingsmaatregel bij suikerbiet

Teeltfase	Periode	Hoogte gewas	Hoogte randgewas triticale/ gerst	Gewasbescherming	Middel	Actieve stof	Dosering (l of kg/ha)	Deel van het areaal (%)
Zaaiklaar maken	15 april	0	25/25	Herbicide	Roundup	Glyfosaat	4	25
				Herbicide	Gramoxone	Paraquat-dichloride	2	25
Biet 2 –6 blad	1 mei – 1 juni	25	75/50	Herbicide	Betanal trio	Fenmedifam/ethofumesaat/metamitron	2	200
Biet 8 blad	1 – 15 juni	25	75/100	Herbicide	Betanal trio	Fenmedifam/ethofumesaat/metamitron	2	100
Biet 8 blad	1 – 15 juni	25	75/100	Herbicide	Safari	Triflusaaluron-methyl	0,03	25
Biet 8 blad	1 – 15 juni	25	75/100	Herbicide	Lontrel	Clopyralid	0,5	25
Biet 8 blad	1 – 15 juni	25	75/100	Herbicide	Targa prestige	Quizalofop-P-ethyl	0,75	25
Biet 8 blad	1 – 15 juni	25	75/100	Herbicide	Aramo	Tetraloxydim	0,75	25
Biet vol gewas	15 juli			Insecticide	Condor	Parathion-methyl	2,5	10

Vervolg Bijlage 4 (4 van 4)

Teeltfase, periode, hoogte gewas- op veld en bufferstrook en gewasbeschermingsmaatregel bij Wintertarwe

Teeltfase	Periode	Hoogte gewas	Hoogte randgewas gras/gerst/triticale	Gewasbescherming	Middel	Actieve stof	Dosering (l of kg/ha)	Deel van het areaal (%)
Vlak na zaaien	november	0	0	Herbicide	Javelin	Diflufenican/Isoproturon	2,5	50
Uitstoeling	maart	25	25/25/25	Herbicide	Azur	Diflufenican/ioxynil/Isoproturon	3,5	50
Strekking	april	25	25/25/25	Groeiregulator	CeCeCe	Chloormequat	0,75	75
Strekking	april	25	25/25/25	groeiregulator	Moddus 250 EC	Trinexapac-ethyl	0,25	75
Uitstoeling	april	25	25/25/25	herbicide	Starane 200	Fluroxypyr	0,75	100
Uitstoeling	april	25	25/25/25	herbicide	Ally	Metsulfuron-methyl	0,02	100
Uitstoeling	april	25	25/25/25	herbicide	Verigal-D	Bifenox/mecoprop-P	1,5	50
Strekking	april	25	25/25/25	fungicide	Opus team	Epoxiconazool/fenpropimorf	1,5	75
Strekking	mei	50	25/50/50	groeiregulator	CeCeCe	Chloormequat	0,75	25
Strekking	mei	50	25/50/50	fungicide	Allegro	Epoxiconazool/kresoxim-methyl	1	35
Aar en bloei	juni	75	25/75/100	fungicide	matador	Tebuconazool/triadimenol	0,5	25
Korrelvulling	juli	75	25/75/125	insecticide	Decis	Deltametrin	0,25	35
Afrijping	augustus	75	25/75/125	herbicide	Roundup	Glyfosaat	4	25

Hoogte gewas bij toepassing gewasbeschermingsmaatregelen bij grasland

Teeltfase	Periode	Hoogte gewas	Hoogte rand	Gewasbescherming	Middel	Actieve stof	Dosering (l of kg/ha)	Deel van het areaal (%)
doodspuiten	najaar	25	25	Herbicide	Roundup	glyfosaat	4	15 (zand) 10 (klei)
Volle groei	voorjaar	25	25	herbicide	MCPA	MCPA	2	10
Volle groei	voorjaar	25	25	herbicide	Starane	fluroxypyr	1	10